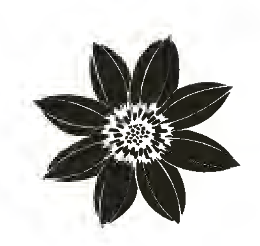
ISSN 0187-7151

Acta Botanica Mexicana



INSTITUTO DE ECOLOGIA, A.C.

Número 105
OCTUBRE 2013
Pátzcuaro, Mich.



Acta Botanica Mexicana

Acta Botanica Mexicana (ISSN 0187-7151) es una publicación de Instituto de Ecología, A.C. que aparece cuatro veces al año. Da a conocer trabajos originales e inéditos sobre temas botánicos y en particular los relacionados con plantas mexicanas. Todo artículo que se presente para su publicación deberá dirigirse al Comité Editorial de Acta Botanica Mexicana. Pueden reproducirse sin autorización pequeños fragmentos de texto siempre y cuando se den los créditos correspondientes. La reproducción o traducción de artículos completos requiere el permiso de la institución que edita la revista. Las normas editoriales e instrucciones para los autores pueden consultarse en la página www1.inecol.edu.mx/abm

Acta Botanica Mexicana está actualmente incluida en los siguientes índices y bases de datos de literatura científica: Biological Abstracts, BIOSIS Previews, Dialnet, Índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica del CONACyT, Journal Citation Reports/Science Edition (con cálculo de factor de impacto), Latindex – Catálogo, RedALyC, SciELO, Science Citation Index Expanded y Scopus.

Acta Botanica Mexicana 105: 1-10 (2013)

UNA NUEVA ESPECIE DE *AGAVE* DEL SUBGÉNERO *LITTAEA* (AGAVACEAE) DE LA SIERRA MADRE ORIENTAL, MÉXICO*, **

Raquel Galván[1, 3] y Sergio Zamudio[2]

[1]Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Botánica Fanerogámica, Apdo. postal 17-564, 11410 México, D.F., México.
[2]Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío, Apdo. postal 386, 61600 Pátzcuaro, Michoacán, México.
[3]Autor para la correspondencia: ragalvi31@hotmail.com

RESUMEN

Se describe *Agave gracielae* sp. nov. de los estados de Querétaro y San Luis Potosí. Esta especie presenta características que la incluyen en el grupo *Striatae* Baker. Dentro de éste se relaciona con *A. dasylirioides* Jacobi & Bouché, *A. petrophila* García-Mendoza & E. Martínez y *A. rzedowskiana* P. Carrillo, Vega & R. Delgad. Se desarrolla en afloramientos de rocas calizas dentro de bosque húmedo de pino-encino o bosque mesófilo de montaña.

Palabras clave: Agavaceae, *Agave gracielae*, México, Querétaro, San Luis Potosí.

ABSTRACT

Agave gracielae sp. nov. from the states of Querétaro and San Luis Potosí is described. This species has characteristics that include it in the *Striatae* Baker group. Within this group it is related to *A. dasylirioides* Jacobi & Bouché, *A. petrophila* García-Mendoza &

* Trabajo parcialmente apoyado por el Instituto Politécnico Nacional (Proyectos: SIP-20121502; SIP-20120772).
** Trabajo realizado con apoyo del Instituto de Ecología, A.C. (cuenta 20006), del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

E. Martínez and *A. rzedowskiana* P. Carrillo, Vega & R. Delgad. The species is found on limestone rocky outcrops in oak-pine wood or montane rain forest.

Key words: Agavaceae, *Agave gracielae*, Mexico, Querétaro, San Luis Potosí.

INTRODUCCIÓN

Durante las exploraciones de campo relacionadas con el proyecto Flora del Bajío y de regiones adyacentes, en la porción nororiental del estado de Querétaro, se colectó un *Agave* vistoso y delicado, de hojas lineares, carnosas y flexibles, que crece sobre afloramientos de rocas calizas cársticas, dentro del bosque mesófilo de montaña o en bosque húmedo de pino-encino, mismo que posteriormente se localizó también en San Luis Potosí. Después de estudiarlo con detalle se llegó a la conclusión de que se trata de una especie no descrita con anticipación, perteneciente al grupo *Striatae* del subgénero *Littaea*, la que se describe a continuación.

Agave gracielae Galván et Zamudio, sp. nov. (Figs. 1 y 3)

Planta perennis, subcaulescens, caespitosa; rosula densa, hemisphaerica; foliis numerosis (65)100-230, coriaceo-crassiusculis, flexuosis, linearibus, 13.5-55(60) cm longis, 1-1.2(1.5) cm latis, basi deltoidea, superficie nitida, margine serrulato, spina terminali rigida, conico-subulata, 4-6.5 mm longa; inflorescentia spiciformis, 150-245 cm longa, spica 35-75 cm longa, floribus geminatis, corolla tubulari-campanulata, 2.2-2.7 cm longa, viridi vel viridi-luteola, saepe ex porphyreo viridi; ovario viridi, 6-8 mm longo, perianthii tubo 8-13 mm longo, sulcato, segmentis ovato-oblongis, 7-11 mm longis, 3-4.5 mm latis; capsula ovoideo-ellipsoidalis, 1.5-1.7 cm longa, 1-1.2 cm diametro, breviter apiculata.

Planta perenne, subcaulescente, cespitosa, formando agrupaciones densas. Roseta semiesférica, de 16 a 60(70) cm de altura, por 35 a 75 cm de diámetro, con (65)100 a 230 hojas. Hojas lineares, de 13.5 a 55(60) cm de largo, por 1 a (1.2)1.5 cm de ancho, deltoides en la base, de color verde claro, vainas de 2.5 a 5 cm de largo, por 1.8 a 2.5(3) cm de ancho en la base, blanquecinas, carnosas, láminas rectas a ligeramente incurvadas en la madurez, carnoso-coriáceas, flexibles, planas o ligeramente cóncavas en el haz, especialmente hacia el ápice, con una quilla media en el envés, ambas superficies lisas, estriadas en seco, margen córneo con borde hialino o ama-

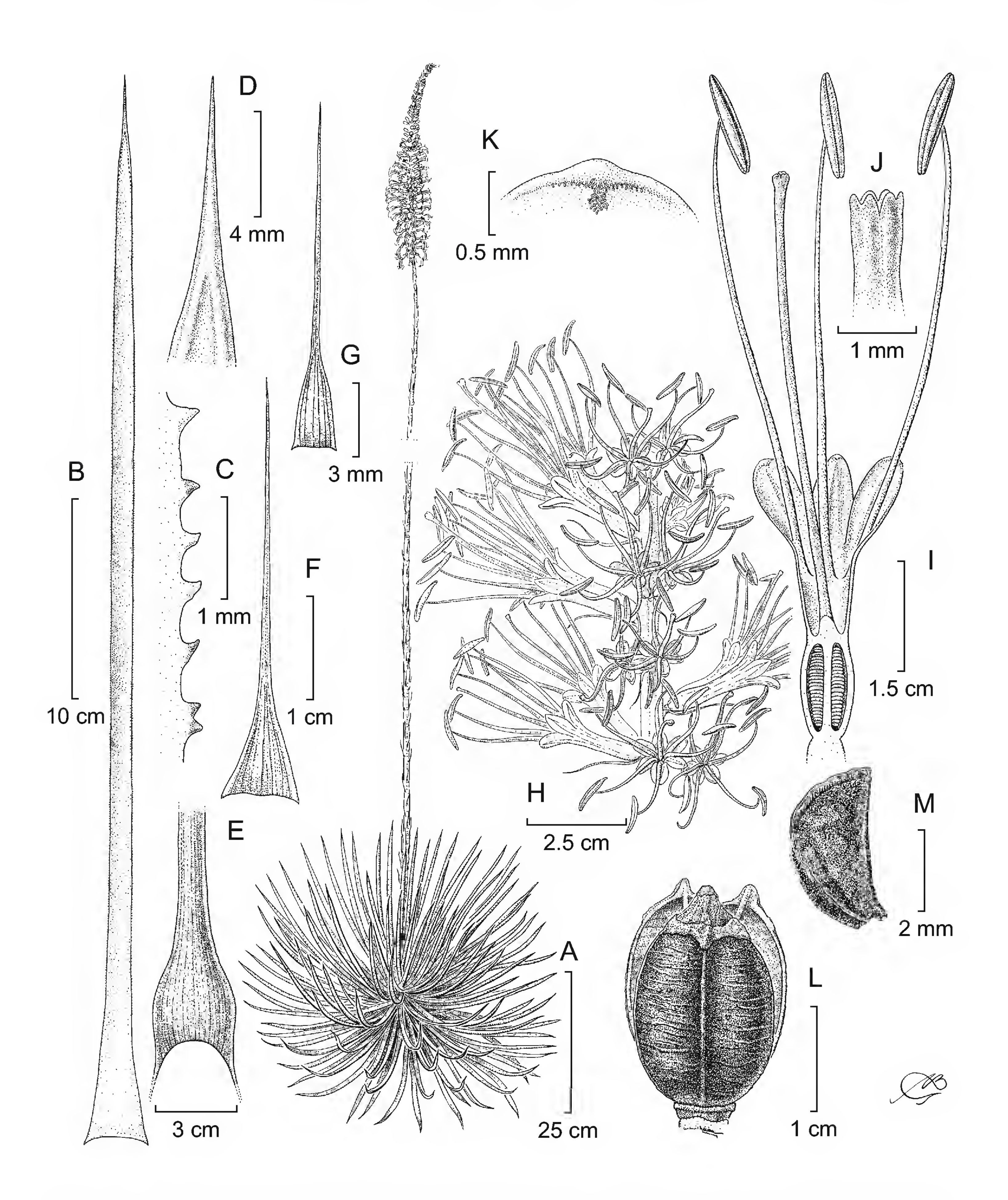


Fig. 1. *Agave gracielae* Galván et Zamudio. A. hábito de la planta con inflorescencia; B. hoja; C. margen de la hoja; D. espina terminal; E. base de la hoja; F. bráctea del pedúnculo floral; G. bráctea floral; H. segmento de la inflorescencia; I. sección longitudinal de la flor; J. estigma; K. ápice del tépalo; L. cápsula; M. semilla. Dibujo de Alfonso Barbosa.

rillento, 0.3 a 0.5 mm de ancho, finamente serrulado, en ocasiones algunos de los dientecillos bicúspides, a veces totalmente rojizos o solo a nivel de los ápices, espina terminal, de 4 a 6.5 mm de largo, cónico-subulada, débil, café-rojiza, ligeramente plana en el haz, aquillada en el envés, ligeramente decurrente sobre los márgenes. Inflorescencia espiciforme, de 150 a 245 cm de largo. Pedúnculo recto, de 95 a 185 cm de longitud, por 8 a 15 mm de diámetro arriba de la roseta, verde, a menudo con tonos rojizos o café-rojizos, brácteas del pedúnculo lineares, de 2 a 5 cm de largo, base deltoide, 3.5 a 4 mm de ancho, café-rojizas, estriadas en la base, margen hialino, con frecuencia decurrentes sobre el pedúnculo, espina de color café-rojizo. Porción fértil de la inflorescencia de 35 a 75 cm de largo, brácteas florales 1.5 a 2.5 cm de longitud, similares a las brácteas del pedúnculo; flores geminadas, sésiles, corola tubular en la base, campanulada en la porción distal, de 2.2 a 2.7 cm de largo (6 a 6.5 cm de longitud incluyendo el estilo y estambres), verdes o verde-amarillentas, a menudo con tonos morados a púrpuras; ovario 6 a 8 mm de largo por 4 a 5 mm de diámetro, cilíndrico, sulcado, cuello ausente, proyectado ligeramente en el tubo del perianto, estilo 4.8 a 5.5 cm de longitud, verdoso, con tintes rojizos, ápice purpúreo, tubo de 8 a 13 mm de largo, por 4 a 5 mm de diámetro en la base, sulcado; tépalos de 7 a 11 mm de largo por 3 a 4.5 mm de ancho, ovado-oblongos, los externos agudos, los internos ligeramente más cortos, redondeados, con amplia quilla media, ambos con ápices cuculados, pilosos; filamentos de 3 a 4 cm de longitud, verdosos, con tintes rojizos o totalmente purpúreos, insertos en dos niveles en el tercio superior del tubo, anteras ca. de 1 cm de largo, lineares, dorsifijas, ligeramente excéntricas, amarillas o purpúreas; cápsula ovoide-elipsoidal, de 1.5-1.7 cm de largo por 1-1.2 cm de diámetro, de color café-oscuro, cortamente apiculada; semillas de 3.8-5 mm de largo, por 2.2-2.5 mm de ancho, semicirculares, negras, superficie brillante, ala marginal, muesca hiliar somera.

Tipo: MÉXICO. Querétaro: municipio de Landa, La Ciénega, 6 km al E de Acatitlán de Zaragoza, *E. González 569* (holotipo: IEB; isotipos: ENCB, MEXU, XAL).

Paratipos: MÉXICO. Querétaro: municipio de Landa, Joya del Cerro Prieto entre la Lagunita de San Diego y el Llano Chiquito, *S. Zamudio y E. Pérez 10191* (IEB); extremo N del Llano Chiquito, 21°24'11" N, 99°06'11" W, *S. Zamudio, G. Ocampo y A. Rezniceck 11480* (IEB); 2 km al SE de la Lagunita de San Diego, 21°23'05" N, 99°08'47" W, *R. Galván, S. Zamudio y V. Steinmann 5300, 5301, 5302* (ENCB, IEB, MEXU); Joya del Hielo y alrededores, *S. Zamudio y E. Pérez 9879* (IEB); Puerto Colorado, aproximadamente 6 km al N de Acatitlán de Zaragoza, *S.*

Zamudio y E. Carranza 7164 (IEB); 2-3 km al SW de El Madroño, *E. Carranza 2497* (IEB); municipio de Jalpan, 4-5 km entre Sur y Oriente de la Parada, *B. Servín 1154* (IEB); ± 2 km al E de Valle Verde, por el camino a La Cercada, *S. Zamudio y V. Steinmann 11984* (ENCB, IEB). San Luis Potosí: around Las Pozas de Xilitla, municipio de Xilitla, *C. Glass et al. 5985* (IEB).

En la región la especie se conoce con el nombre común de “chaguillo” o “maguey chino”. Los pobladores utilizan las flores en botón que llaman “chíveles”, como verdura; en tanto que los escapos de las inflorescencias jóvenes (quiotes) se cuecen y consumen como dulce; por lo que no resulta raro encontrar poblaciones de este maguey en las que prácticamente a todos los individuos en floración se les ha cortado la inflorescencia. También se acostumbra dar uso ornamental a las plantas, pues las rosetas son vistosas y pueden ser trasplantadas a jardines y huertos o colocarse en macetas a la entrada de negocios o casas particulares, lo que indica que este *Agave* podría tener cierto interés ornamental. A pesar de que es una planta rara, es abundante localmente, por lo que no tiene problemas de supervivencia.

Agave gracielae crece sobre rocas calizas cársticas formando grupos densos, en sitios con vegetación de bosque de pino-encino, compuestos por *Arbutus xalapensis*, *Pinus greggii*, *P. teocote*, *Quercus crassipes*, *Q. mexicana*, *Q. polymorpha*, o en bosque mesófilo de montaña constituido por *Abies* aff. *guatemalensis, Arbutus xalapensis*, *Cleyera thaeoides*, *Cupressus lusitanica*, *Juglans mollis*, *Ostrya virginiana*, *Pinus greggii*, *Quercus affinis*, *Taxus globosa* y *Tilia mexicana*. Ocupa un intervalo altitudinal que oscila entre 1200 y 2400 m; sus poblaciones crecen en áreas restringidas, si bien, localmente puede ser abundante.

La floración se inicia en abril y se prolonga hasta el mes de julio, los frutos maduros se presentan a partir del mes de junio.

Agave gracielae hasta hoy solo se ha registrado de localidades enclavadas en la Sierra Madre Oriental, en el extremo NE del estado de Querétaro y en el SE de San Luis Potosí, si bien existe la posibilidad de que su distribución se extienda a las entidades vecinas de Hidalgo y Tamaulipas, en las que se presentan condiciones adecuadas para su desarrollo. Es muy probable que el espécimen citado por Gentry (1982) como *Agave dasylirioides* de San Luis Potosí (*Rzedowski 7128a* (ENCB)) pertenezca a esta especie. Sin embargo, en virtud de que el ejemplar de herbario solo consta de hojas, no se puede asegurar que corresponda a este taxon.

Las características de *Agave gracielae* lo ubican dentro del subgénero *Littaea* y el grupo *Striatae*. Este último de acuerdo con Gentry (1982) se caracteriza entre otros aspectos por incluir plantas con rosetas solitarias o cespitosas,

que pueden formar conjuntos grandes por ramificación axilar, hojas lineares, estriadas, angostas, algo carnosas, con márgenes escabrosos o serrulados, la espina terminal pungente, pero débil; flores principalmente geminadas, cilíndricas o infundibuliformes, tubo de igual o mayor longitud que los tépalos o en ocasiones más corto, y el ovario sin cuello.

Aunque al principio se pensó que esta especie podía estar relacionada con *Agave dasylirioides*, de los seis taxa hasta hoy reconocidos para el grupo *Striatae* también muestra gran afinidad con *A. petrophila* descrita por García-Mendoza y Martínez (1998a,b). Con ambas comparte las hojas planas, lo denso de la inflorescencia y la morfología floral, no obstante, se distingue sin dificultad de ellas y del resto de las especies del grupo por las hojas con la superficie lisa, no estriadas en fresco (aunque al secar se pueden ver estriadas), sin quilla aparente en el haz y con una quilla reducida en el envés, además los dientes del



Fig. 2. Márgenes de las hojas de *Agave gracielae*, *A. rzedowskiana*, *A. dasylirioides* y *A. petrophila*.



Fig. 3. *Agave gracielae* Galván et Zamudio. A. vista general del habitat de la especie; B. crecimiento cespitoso de las rosetas; C. detalle de la roseta y disposición de las hojas; D. porción de la inflorescencia espiciforme mostrando flores en distinto grado de madurez.

margen son más grandes y están mejor definidos (Fig. 2); otra diferencia radica en sus flores tubulares en la base y campanuladas en la porción distal como se puede apreciar en el Cuadro 1.

Agave dasylirioides se separa por las rosetas generalmente solitarias, las plantas maduras con un tallo bien definido, la inflorescencia arqueada y porque crece en áreas con rocas de origen ígneo. Dentro de las diferencias de *A. petrophila* con la especie en estudio, además de las hojas estriadas, destacan las flores campanuladas, el tubo del perianto más corto (de 3 a 4 mm), la cápsula globosa y su desarrollo en zonas cubiertas con bosque tropical caducifolio en los estados de Oaxaca

Cuadro 1. Características comparativas de *A. gracielae* y especies relacionadas, de acuerdo con lo observado por Gentry (1982), Zamudio y Sánchez (1995), García-Mendoza y Martínez (1998a) y Carrillo-Reyes et al. (2003) y de la revisión de especímenes vivos y de herbario.

Carácter	*A. dasylirioides*	*A. petrophila*	*A. rzedowskiana*	*A. gracielae*
Forma de crecimiento	solitaria	cespitosa	cespitosa	cespitosa
Diámetro de la roseta	60-100 cm	(60)100-200 cm	25-45(65) cm	35-75 cm
Número de hojas	70-100	más de 100	100-260	(65)100-230
Largo de la hoja	40-60 cm	40-60 cm	(11)20-35(50) cm	13.5-55(60) cm
Ancho de la hoja	2-3 cm	0.4-0.9 cm	(0.7)0.8-1.2 (1.4) cm	1-1.2(1.5) cm
Rigidez de la hoja	flexibles	flexibles	rígidas	flexibles
Superficie de la hoja	estriada	estriada	estriada	lisa (estriada en seco)
Pedúnculo	arqueado	recto	inclinado a decumbente, ocasionalmente sinuoso	recto
Largo de la flor	2.5-4.0 cm	2.0-2.2(2.5) cm	2.0-2.4 cm	2.2-2.7 cm
Forma de la flor	campanulada	campanulada	campanulada	base tubular, porción distal campanulada
Color de la flor	amarillo-verdoso	verde	púrpura-verdoso	verde o verde-amarillento
Largo del tubo	8-12 mm	3-4 mm	7.0-7.5(10) mm	8-13 mm
Largo de los tépalos	9-11 mm	9-11 mm	4-6(8) mm	7-11 mm
Largo de los filamentos	35-50 mm	27-30 mm	(22)28-38 (45) mm	30-40 mm
Largo x ancho de la cápsula	(10)15-20 x 6-9 mm	9-10 x 8-9 mm	7-13 x 6-9 mm	15-17 x 10-12 mm
Habitat	bosque de pino-encino	bosque tropical deciduo	bosque de pino-encino	bosque de pino-encino, bosque mesófilo de montaña
Sustrato geológico	ígneo	calcáreo	ígneo	calcáreo
Distribución	Mor., Estado de México	Oaxaca, Guerrero	Sinaloa y Jalisco	NE de Querétaro y SE de S.L.P.

y Guerrero, en tanto que en *A. gracielae* el tubo alcanza 8 a 13 mm, la cápsula es ovoide-elipsoidal y solo se conoce de los estados de Querétaro y San Luis Potosí en áreas ocupadas por bosque de pino-encino o en bosque mesófilo de montaña, sobre sustrato de rocas calizas (Cuadro 1).

A. gracielae también muestra similitudes con *A. rzedowskiana*, publicada en 2003 por Carrillo-Reyes y colaboradores, tales como el carácter cespitoso de las plantas, rosetas con hojas numerosas y algunos rasgos florales, pero esta última a diferencia de la especie que se propone, exhibe inflorescencias de tamaño considerablemente menor (42-170 cm vs. 150-245 cm), con el pedúnculo de la inflorescencia inclinado a decumbente, ocasionalmente sinuoso, tépalos generalmente de menor longitud, además de habitar sobre rocas de origen ígneo.

Es importante señalar que para *A. rzedowskiana* Carrillo-Reyes et al. (2003) describen flores infundibuliformes, sin embargo, se considera que éstas son más bien de forma campanulada, a diferencia de las flores tubulosas distalmente campanuladas que muestra *A. gracielae*.

La especie se dedica con cariño y admiración a la Dra. Graciela Calderón de Rzedowski por sus valiosas aportaciones al conocimiento de la flora de México.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los curadores de los herbarios ENCB, IEB y MEXU por las facilidades otorgadas para la consulta de sus colecciones. Además reconocen el apoyo brindado por el Dr. Jerzy Rzedowski en la elaboración de la diagnosis latina y del Dr. Abisaí García por las atinadas sugerencias en la comparación de la forma de las flores de las distintas especies. Igualmente se dan las gracias al Biól. Alfonso Barbosa por la ilustración que se incluye en este trabajo.

LITERATURA CITADA

Carrillo-Reyes, P., R. Vega A. y R. Ramírez-Delgadillo. 2003. *Agave rzedowskiana,* a new species in subgenus *Littaea* (Agavaceae) from western Mexico. Brittonia 55(3): 240-244.

García-Mendoza, A. y E. Martínez. 1998a. Una nueva especie de *Agave*, subgénero *Littaea* (Agavaceae) de Guerrero y Oaxaca, Mexico. Sida (18): 227-230.

García-Mendoza, A. y E. Martínez. 1998b. *Agave petrophila* García-Mend. & E. Martínez, nom. nov. (Agavaceae). Sida 18(2): 627.

Gentry, H. S. 1982. Agaves of continental North America. The University of Arizona Press. Tucson, USA. 670 pp.

Zamudio, S. y E. Sánchez M. 1995. Una nueva especie de *Agave* del subgénero *Littaea* (Agavaceae) de la Sierra Madre Oriental, México. Acta Bot. Mex. 32: 47-52.

Recibido en mayo de 2012.

Aceptado en marzo de 2013.

Acta Botanica Mexicana 105: 11-29 (2013)

ESTUDIO DE LA EPIDERMIS FOLIAR EN ALGUNAS ESPECIES DE *BURSERA* JACQ. EX L. (BURSERACEAE) Y SUS IMPLICACIONES TAXONÓMICAS

Mercedes E. Castro[1,2] y Pedro Torrecilla[1]

[1]Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Botánica Agrícola, Apdo. 4579, 2101 Maracay, Edo. Aragua, Venezuela.
[2]Autor para la correspondencia: castrom@agr.ucv.ve, laportte@hotmail.com

RESUMEN

Se realizó el estudio de las características de la epidermis foliar de seis especies de *Bursera*. Las muestras fueron analizadas utilizando técnicas de microscopía óptica y electrónica de barrido (MEB). Todas presentaron hojas hipostomáticas, estomas anomocíticos y el mismo tipo de tricomas glandulares y tectores, con excepción de *B. karsteniana* que es glabra. La micromorfología de la epidermis foliar vista al MEB mostró que todas tienen paredes anticlinales rectas, sin embargo éstas presentan una combinación única de caracteres para cada especie. Los análisis fenéticos separan dos grupos, uno formado por los tres representantes del subgénero *Bursera* y otro por los tres pertenecientes al subgénero *Elaphrium*, lo cual apoya la mencionada subdivisión. Los caracteres de la epidermis foliar mostraron un alto valor taxonómico en *Bursera*.

Palabras clave: *Bursera*, características de epidermis foliar, taxonomía, Venezuela.

ABSTRACT

Leaf epidermis characteristics of six species of *Bursera* were studied using light and scanning electron microscopy (SEM). All species possess hypostomatic leaves, anomocytic stomata, and similar glandular and eglandular trichomes, with the exception of *B. karsteniana* which is glabrous. SEM of the leaf epidermis revealed that all have straight anticlinal walls, but these have a suite of sculptural characters unique to each species. Phenetic analyses separate the species into two groups, one formed by the three representatives of subgenus *Bursera* and the other by the three representatives of

subgenus *Elaphrium*, supporting the aforementioned subdivision. Leaf epidermis features are taxonomically important for the genus.

Key words: *Bursera*, leaf epidermis characteristics, taxonomy, Venezuela.

INTRODUCCIÓN

El género *Bursera* Jacq. ex L. está conformado por aproximadamente 100 especies del Nuevo Mundo que se distribuyen desde el sur de Estados Unidos hasta Suramérica y el Caribe (Espinosa et al., 2006). Según Gillet (1980) está dividido en dos subgéneros (*Bursera* y *Elaphrium*), que se corresponden a las secciones *Bursera* y *Bullockia* propuestas por McVaugh y Rzedowski (1965), éstos se diferencian por las características de la corteza externa, la forma del raquis, la pubescencia de las flores y el número de valvas en el fruto (McVaugh y Rzedowski, 1965; Daly, 1993, 1997).

En Suramérica se ha señalado la presencia de siete especies (Daly, 1993); *Bursera glabra* (Jacq.) Triana & Planch., *B. karsteniana* Engl. y *B. inversa* Daly son endémicas de Colombia y Venezuela, *B. malacophylla* B. L. Rob. es exclusiva de las islas Galápagos, mientras que *B. graveolens* (Kunth) Triana & Planch., *B. simaruba* (L.) Sarg. y *B. tomentosa* (Jacq.) Triana & Planch. son de más amplia distribución.

Los estudios taxonómicos en *Bursera* tienden a ser complejos, ya que este grupo está pobremente colectado y los especímenes de herbario en su mayoría presentan escasas flores y frutos. Debido a esto, la taxonomía del género se ha basado principalmente en las características morfológicas de la corteza externa, de la hoja y del fruto (Becerra y Venable, 1999).

Trabajos recientes basados en secuencias de ADN evidencian la naturaleza monofilética de *Bursera* y de los dos subgéneros que integran el conjunto (Becerra y Venable, 1999; Becerra, 2003), planteamiento que es apoyado por las características morfológicas de las plántulas (Andrés-Hernández y Espinosa-Organista, 2002). No obstante, Weeks et al. (2005), al realizar el estudio de la historia evolutiva de las Burseraceae, concluyen que *Bursera* es parafilético, ya que un grupo monofilético debería incluir a *Commiphora*. Sin embargo, Becerra et al. (2012) hacen una reconstrucción filogenética, basada en caracteres moleculares, de ambos géneros y concluyen que *Bursera* es un conjunto monofilético.

Tradicionalmente los caracteres reproductivos han sido de utilidad para separar las especies de plantas; no obstante, los vegetativos también pueden brindar información taxonómica valiosa. Stace (1965, 1980, 1984) ha indicado que entre los

órganos vegetativos para los estudios de orden sistemático, las características de las hojas son las más ampliamente utilizadas, mientras que Srivastava (1978) señala que la epidermis foliar es una de las fuentes de información más útil para la resolución de problemas de esta índole. Algunos rasgos de las hojas, tales como el aparato estomático, tipo de tricomas, forma de las células epidérmicas y la ornamentación de la cutícula tienen significancia taxonómica y sistemática en diferentes grupos de plantas (Barthlott, 1981; Barthlott et al., 1998; Loza-Cornejo y Terrazas, 2003; Dean y Ashton, 2008; Ogunkunle y Oladele, 2008; Yang et al., 2008; Zou et al., 2008).

Con base en lo anterior, nos planteamos evaluar la utilidad taxonómica y el posible valor filogenético de la epidermis foliar de seis especies de *Bursera* presentes en Venezuela, de los subgéneros *Bursera* (*B. karsteniana*, *B. inversa*, *B. simaruba*) y *Elaphrium* (*B. glabra, B. graveolens, B. tomentosa*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

De las especies de *Bursera* estudiadas se colectaron hojas maduras en plena expansión foliar en poblaciones naturales de Venezuela y se tomaron muestras de herbario de tres individuos por especie, con excepción de *B. inversa* para la que se tuvo acceso a solo un árbol. El material fresco fue fijado inmediatamente en FAA 70% (alcohol: ácido acético: formol en proporción 90:5:5), mientras que las muestras herborizadas se hidrataron en lactofenol por tiempos variables según las características de cada especie, y posteriormente fueron fijadas en FAA 70%. Los especímenes de herbario utilizados en el estudio se presentan en el Apéndice.

Microscopía óptica (MO)

Para el estudio de la epidermis foliar, se tomó aproximadamente 1 cm^2 de la porción media del tejido fijado y se colocó en cápsulas de Petri en una solución de hipoclorito de sodio (5.25%) a temperatura ambiente hasta que ambas epidermis se separaron de los tejidos internos. Posteriormente el material fue teñido con una solución de azul de toluidina acuosa a 1% y se montaron láminas semi-permanentes en una solución de agua:glicerina (1:1) hasta su observación. Las fotografías se obtuvieron a partir de una cámara digital acoplada a un microscopio óptico marca Nikon y procesadas con un programa de análisis de imágenes. El índice estomático fue calculado siguiendo a Wilkinson (1979).

Microscopía electrónica de barrido (MEB)

Se tomaron porciones de aproximadamente 1 cm^2 de lámina foliar, las cuales se deshidrataron en una batería creciente de etanol (30%, 50%, 70%, 95% y 100%) siguiendo lo propuesto por Shuff y Thomas (1993). Posteriormente se realizó el secado por punto crítico en un secador Bal-Tec CPD 030, para después cubrir el material con una capa fina de oro-paladio utilizando un cubridor iónico Baltec ScB 050. Las observaciones se hicieron en un microscopio electrónico de barrido marca Phillips XL-20 a 10Kv. La descripción de los caracteres micromorfológicos se hizo siguiendo la clasificación de Barthlott (1981) y Barthlott et al. (1998).

Análisis de datos

Se realizó un análisis fenético utilizando el programa NTSYS pc v. 2.1 (Rohlf, 2000), calculando una matriz de distancia mediante el coeficiente SM (Simple Matching Coefficient) y empleando como método de agrupamiento jerárquico UPGMA, a fin de determinar la similitud entre las especies y comprobar si estos caracteres utilizados son consistentes con el tratamiento taxonómico propuesto para *Bursera*. La matriz de datos se basó en nueve rasgos de la epidermis foliar (Cuadro 1) codificados como multiestado, ocho de ellos cualitativos y uno cuantitativo (índice estomático). El carácter cuantitativo fue codificado como cualitativo utilizando un método de sub-grupos homogéneos (Simon, 1983; Rae, 1998) basado en una prueba de Duncan realizada en SPSS v. 13.0. Los análisis se realizaron considerando como unidades taxonómicas las especies, debido a que los caracteres fueron homogéneos entre los individuos estudiados de cada taxon. En el fenograma obtenido se hace referencia a la línea fenón, es decir el límite trazado a un determinado valor del coeficiente de similitud, para definir un agrupamiento de interés taxonómico.

RESULTADOS

Epidermis foliar

Todas las especies estudiadas presentan células de forma poligonal y paredes rectas (Fig. 1; Fig. 4), las cuales son más gruesas y con numerosas punteaduras en *B. glabra*, *B. graveolens* y *B. inversa* en comparación con las especies restantes. En todos los casos las hojas son hipostomáticas, con estomas anomocíticos (Fig. 2), a excepción de *B. glabra* que presenta estomas del tipo ciclocítico y anomocítico (Fig. 2a). El índice estomático, tal como se aprecia en el Cuadro 2, separa al conjunto estudiado en tres grupos estadísticamente distintos.

Cuadro 1. Matriz de caracteres y estado de caracteres de la epidermis foliar para el análisis de agrupamiento en especies de *Bursera*.

Carácter	Codificación
Relieve del contorno celular	Acanalado (0); Levantado (1)
Curvatura de las paredes periclinales externas	Plana (0); Convexa (1); Cóncava (2)
Relieve fino de la pared celular	Lisa (0); Estriada (1)
Tricomas	Ausente (0); Presente (1)
Forma de los tricomas	Globular (0); En forma de mazo (1)
Ornamentación de los tricomas	Verrucosa (0); Verrucosa-baculada (1); Baculada (2)
Posición de los estomas	A nivel (0); Levantados (1); Hundidos (2)
Índice estomático*	a (0); b (1); c (3)

* Codificado como cualitativo

Se observan tricomas tectores y glandulares en cinco especies (Fig. 3), mientras que *B. karsteniana* es totalmente glabra. Los pelos tectores son multicelulares y uniseriados, con una cutícula gruesa y mayor densidad en la superficie abaxial, excepto para *B. tomentosa*, donde la densidad de tricomas es alta en ambas superficies. Los tricomas glandulares presentan un pie corto y una cabeza globosa multicelular en casi todas las especies, mientras que en *B. inversa* éstos tienen forma de mazo (Fig. 6b).

Micromorfología de la epidermis foliar

En el Cuadro 2 se presentan las características más relevantes de la micromorfología foliar de las especies estudiadas. El margen de la pared anticlinal está levantado en *B. simaruba* (Figura 4e), mientras que en las demás se observa hundido. La pared periclinal externa es convexa en la mayoría, pero plana en *B. glabra* y curva hacia adentro en *B. simaruba*. El patrón de ornamentación de la superficie de las células epidérmicas es estriado en cuatro especies y liso en *B. karsteniana* y *B. simaruba* (Figs. 4d, 4e). Las ceras epicuticulares son escasas en ambas superficies y con forma laminar o de cristaloides granulosos.

Los estomas están ligeramente hundidos en *B . glabra* y *B. graveolens* (Figs. 5a, 5b), levantados en *B. tomentosa* (Fig. 5f) y al mismo nivel de las células epidérmicas en *B. karsteniana* y *B. simaruba* (Figs. 5c, 5d, 5e). Tal como se aprecia en la

Cuadro 2. Características de la epidermis foliar en especies de *Bursera*.

Carácter	*B. glabra*	*B. graveolens*	*B. tomentosa*	*B. karsteniana*	*B. inversa*	*B. simaruba*
Forma de las células	poligonal	poligonal	poligonal	poligonal	poligonal	poligonal
Relieve del contorno celular	ligeramente acanalado	acanalado	acanalado	acanalado	acanalado	acanalado
Forma de las paredes anticlinales	recta	recta	recta	recta	recta	recta
Curvatura de la pared periclinal externa de las células	aplanada	ligeramente convexa	convexa	ligeramente convexa	ligeramente convexa	cóncava
Relieve fino de la pared celular (ornamentación secundaria)	ligeramente estriada	estriada	estriada	lisa	estriada	lisa
Ornamentación de los tricomas	ligeramente verrucosa	ligeramente verrucosa	verrucosa-baculada	glabra	cortamente baculada	baculada
Posición de los estomas	ligeramente hundidos	ligeramente hundidos	levantados	a nivel	a nivel	a nivel
Índice estomático	18.35 [b]	11.08 [a]	25.72 [c]	27.22 [c]	17.57 [b]	11.73 [a]

figura 6, la ornamentación de la superficie de los tricomas tectores es verrucosa en *B. glabra* y *B. graveolens*, baculada en *B. inversa* y *B. simaruba* e intermedia entre ambos tipos en *B. tomentosa***.**

Análisis fenético

El fenograma obtenido muestra que las especies forman dos grupos (Fig. 7), uno donde se ubican las representantes del subgénero *Bursera* (línea fenón ca. 0.41) y el otro que incluye las del subgénero *Elaphrium* (línea fenón ca. 0.64). En el primero se aprecia que *B. simaruba* se separa considerablemente del subgrupo formado por *B. karsteniana* + *B. inversa;* mientras que para el subgénero *Elaphrium* se observa que *B. glabra* y *B. graveolens* son bastante similares entre sí y se diferencian de *B. tomentosa*.

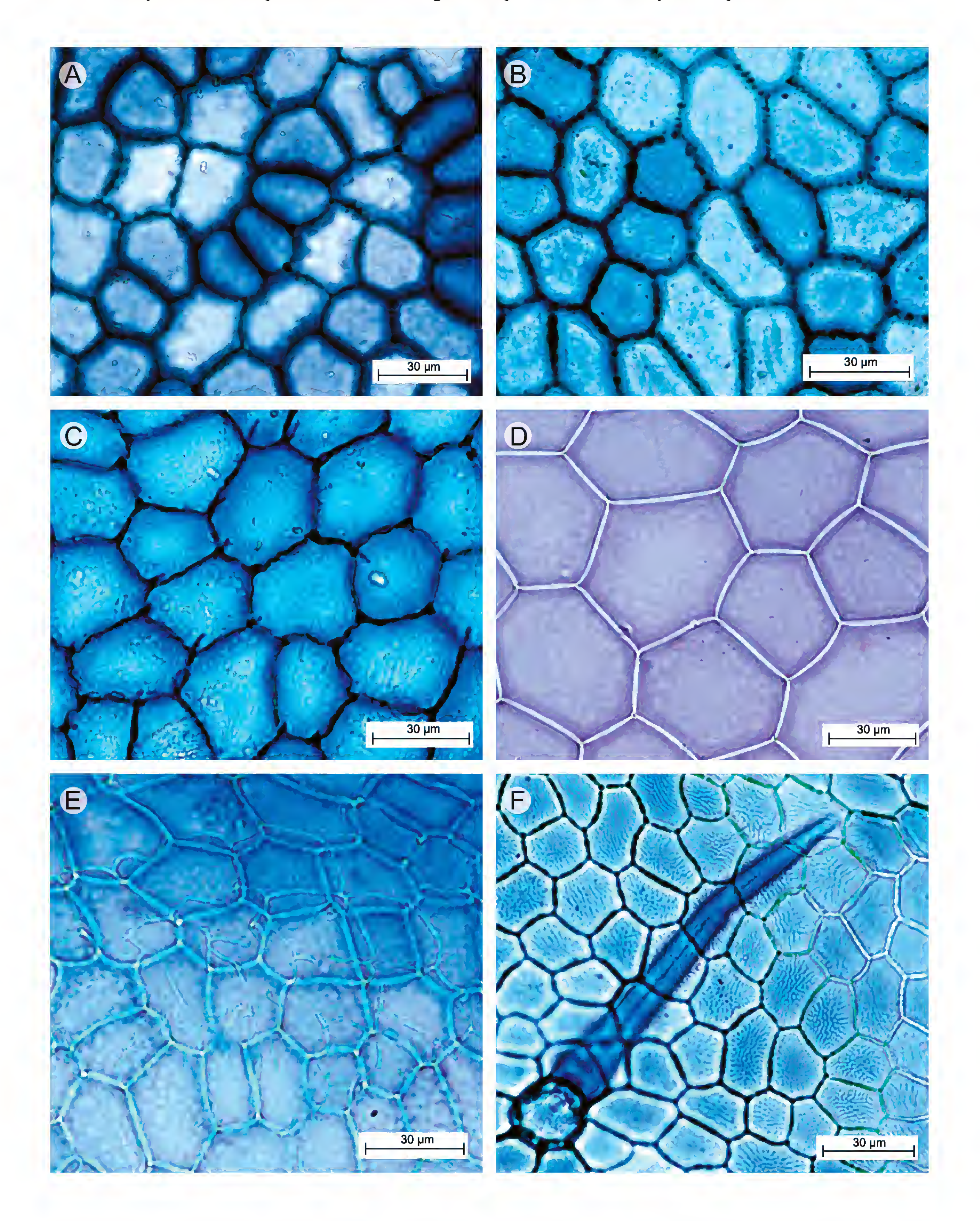


Fig. 1. Vista paradérmica (MO) de la cara adaxial en la lámina foliar de especies de *Bursera*. A. *B. glabra*; B. *B. graveolens*; C. *B. inversa*; D. *B. karsteniana*; E. *B. simaruba*; F. *B. tomentosa*.

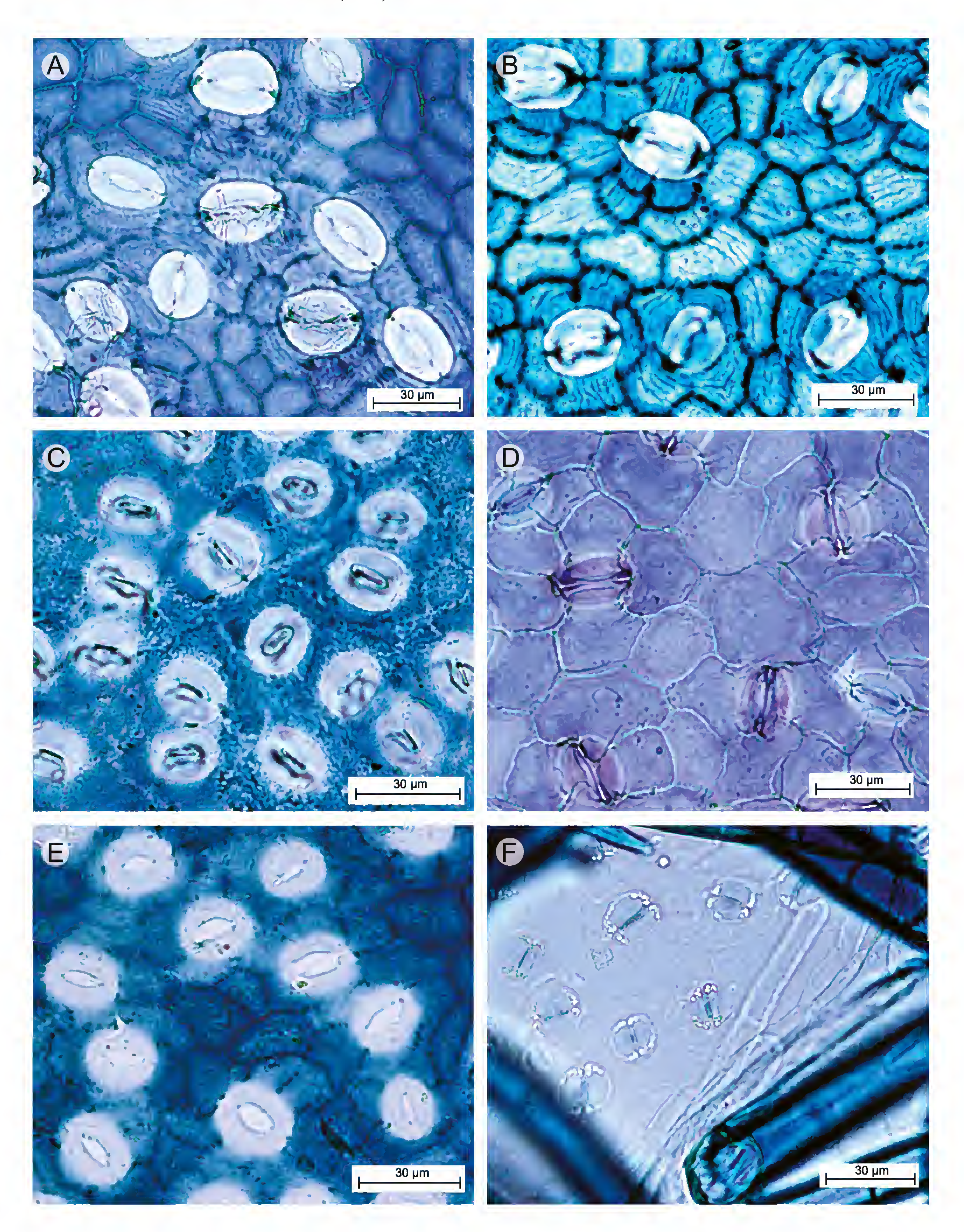


Fig. 2. Vista paradérmica (MO) de la cara abaxial en la lámina foliar de especies de *Bursera*. A. *B. glabra*; B. *B. graveolens*; C. *B. inversa*; D. *B. karsteniana*; E. *B. simaruba*; F. *B. tomentosa*.

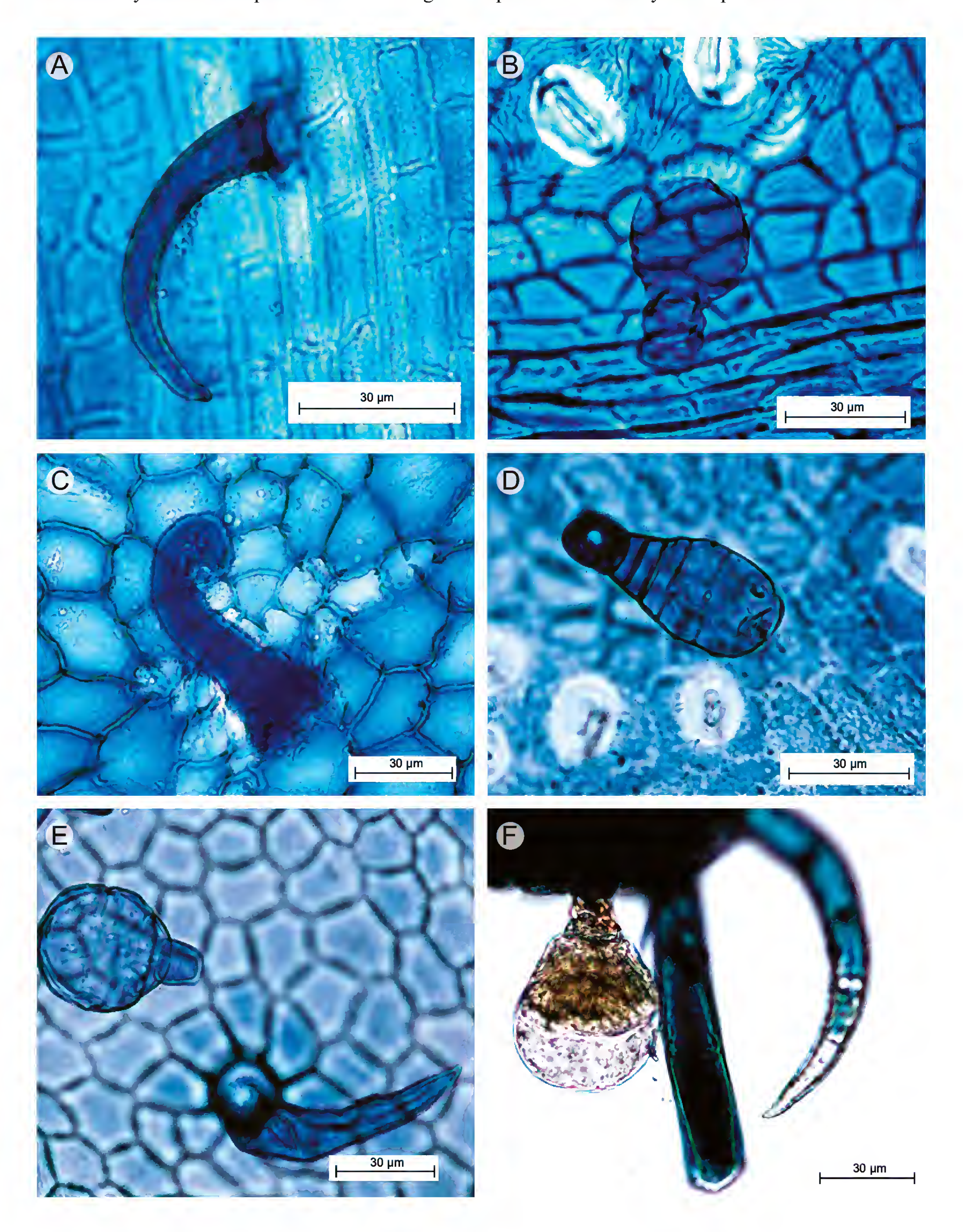


Fig. 3. Tricomas (MO) de especies de *Bursera*. A. *B. glabra*; B. *B. graveolens*; C. *B. inversa*; D. *B. simaruba*; E–F. *B. tomentosa*.

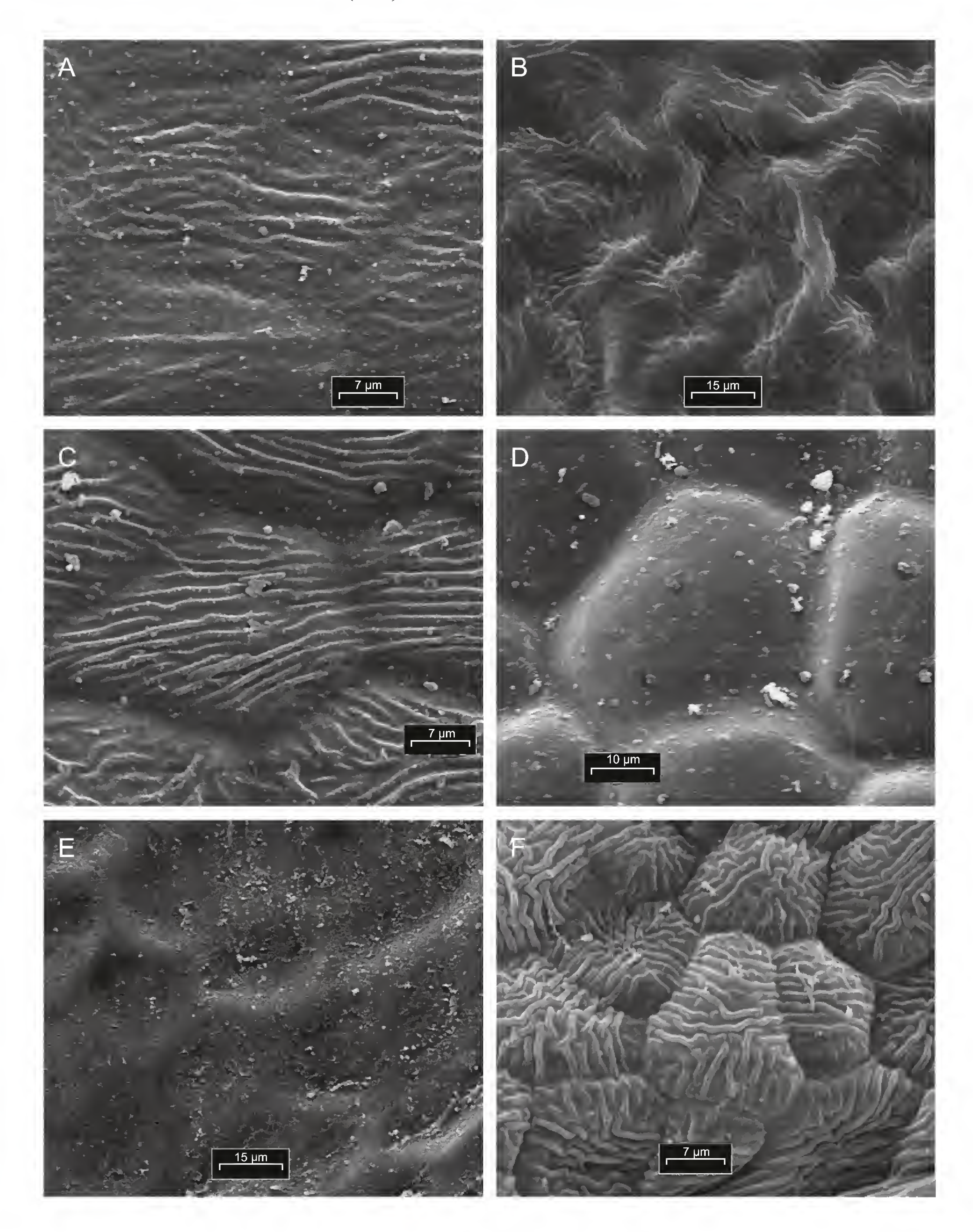


Fig. 4. Vista paradérmica (MEB) de la cara adaxial en la lámina foliar de especies de *Bursera*. A. *B. glabra*; B. *B. graveolens*; C. *B. inversa*; D. *B. karsteniana*; E. *B. simaruba*; F. *B. tomentosa*.

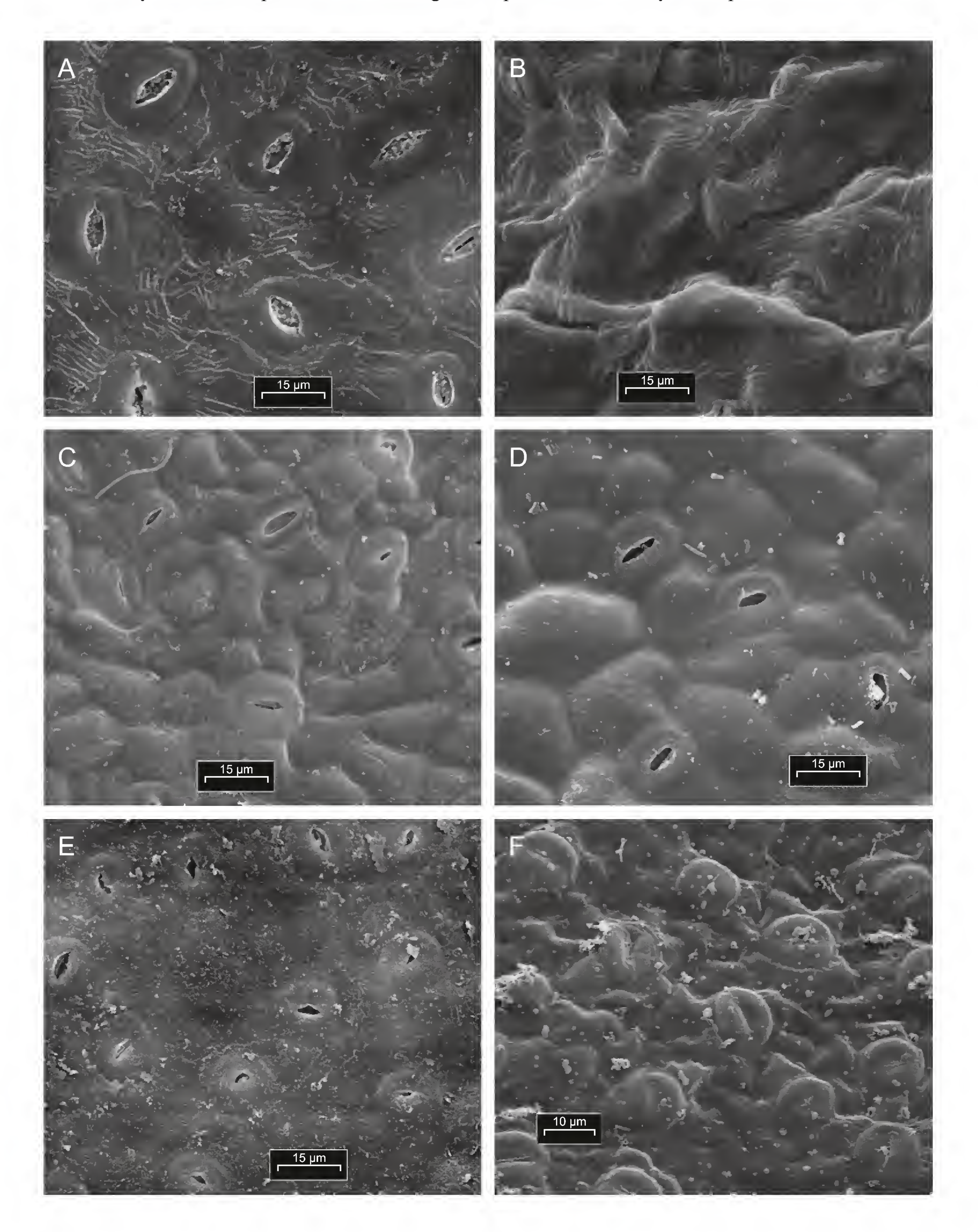


Fig. 5. Vista paradérmica (MEB) de la cara abaxial en la lámina foliar de especies de *Bursera*. A. *B. glabra*; B. *B. graveolens*; C. *B. inversa*; D. *B. karsteniana*; E. *B. simaruba*; F. *B. tomentosa*.

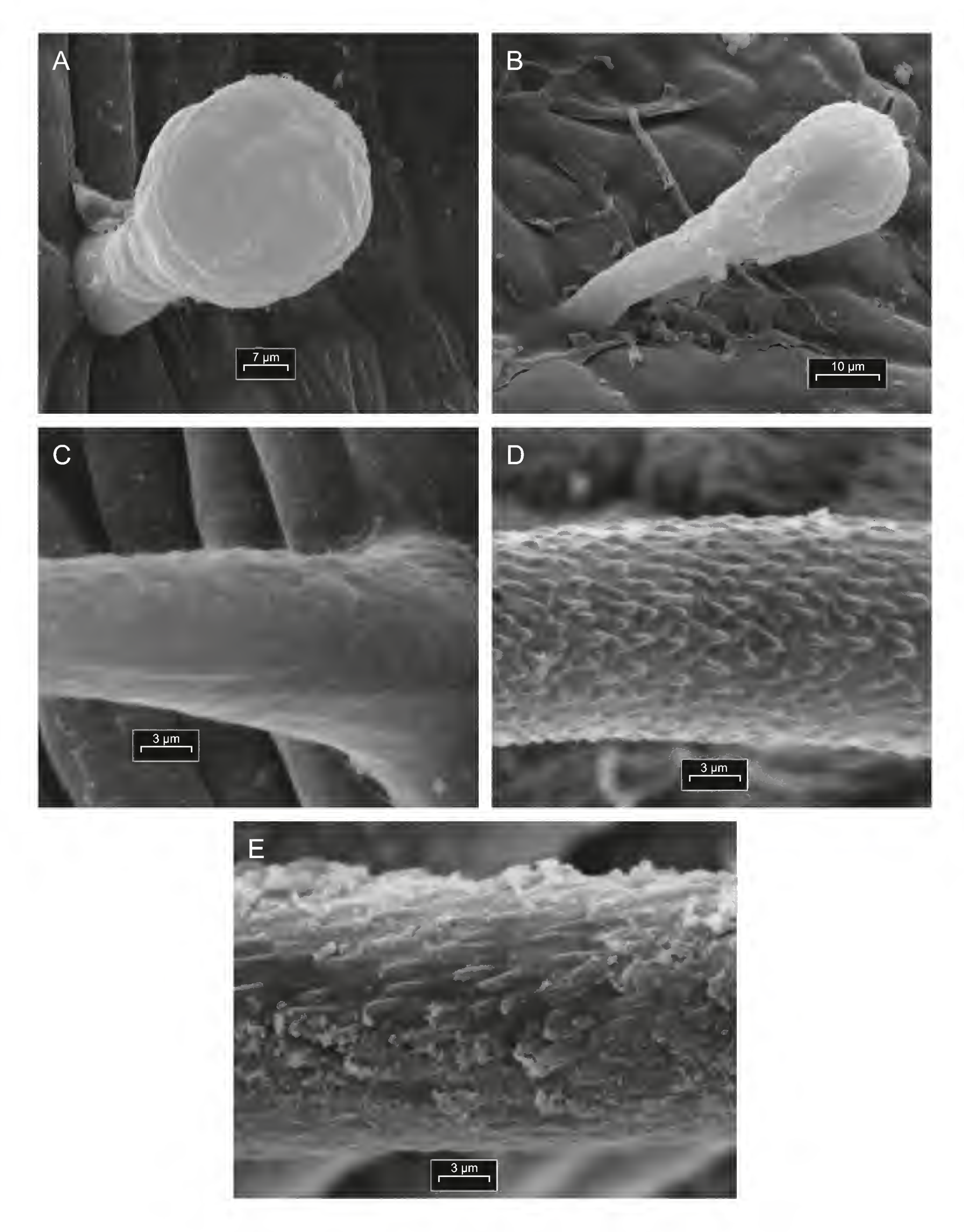


Fig. 6. Tricomas (MEB) de especies de *Bursera* A. Tricoma glandular de *B. glabra*; B. Tricoma glandular de *B. inversa*; C. Tricoma tector de *B. glabra*; D. Tricoma tector de *B. tomentosa*; E. Tricoma tector de *B. simaruba*.

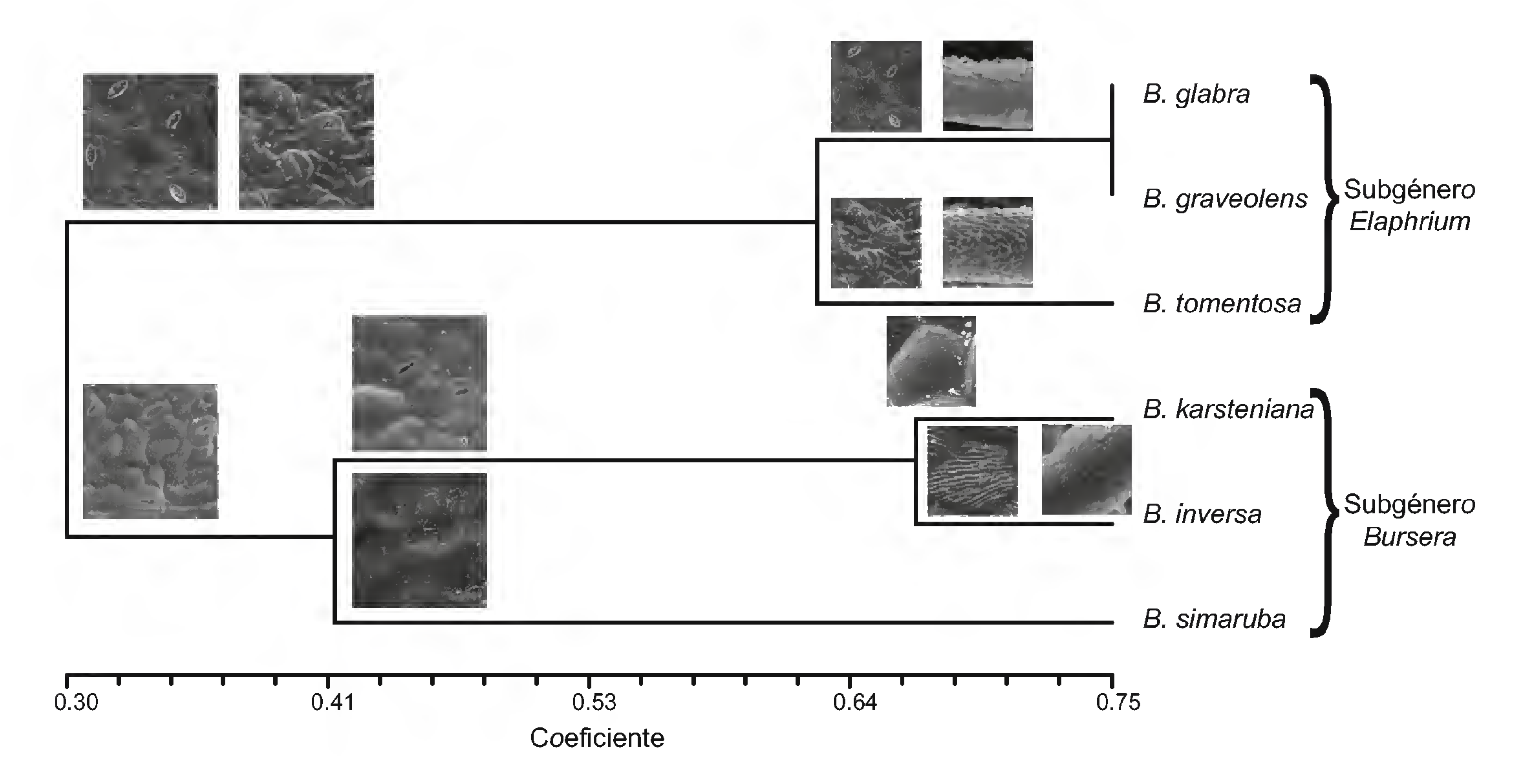


Fig. 7. Análisis de conglomerado con base en la micromorfología de la epidermis foliar en especies de *Bursera*.

Se presenta una clave que permite diferenciar a las especies estudiadas con base en los caracteres de la epidermis foliar evaluados.

Clave para separar especies de *Bursera* basada en los caracteres de la epidermis foliar

1 Estomas ubicados a nivel de las células epidérmicas normales .... 2 (subgénero *Bursera*)

1 Estomas ubicados por debajo o por encima del nivel de las células epidérmicas normales .... 4 (subgénero *Elaphrium*)

2 Células epidérmicas con el relieve del contorno celular levantado y curvatura de la pared periclinal externa cóncava .... *B. simaruba*

2 Células epidérmicas con el relieve del contorno celular acanalado y curvatura de la pared periclinal externa convexa 3

3 Hojas glabras y relieve de la pared externa liso .... *B. karsteniana*

3 Hojas con tricomas tectores cortamente baculados, y relieve fino de la pared externa estriado... *B. inversa*

4 Estomas ubicados por encima del nivel de las células epidérmicas normales, tricomas tectores verrucoso-baculados .... *B. tomentosa*

4 Estomas ubicados por debajo del nivel de las células epidérmicas normales, tricomas tectores baculados. 5

5 Curvatura de la pared periclinal externa plana, índice estomático ≥15 .... *B. glabra*

5 Curvatura de la pared periclinal externa convexa, índice estomático <15 .... *B. graveolens*

DISCUSIÓN

Las especies estudiadas son hipostomáticas, con estomas principalmente del tipo anomocítico y tricomas similares, características que, como se ha señalado, son comunes al género *Bursera* (Metcalfe y Chalk, 1950).

Se ha mostrado que el índice estomático tiene valor taxonómico (Solereder, 1908), habiéndose evaluado en diversos grupos de plantas en los que se ha puesto de manifiesto que contribuye a la identificación de las especies (Kadiri y Olowokudejo, 2008; Szymura y Wolski, 2011; Thakur y Patil, 2011). En este estudio, el índice estomático presenta valores distintos para todas las especies evaluadas, sin embargo los grupos formados mediante análisis estadístico no son congruentes con la delimitación de los subgéneros en este grupo (McVaugh y Rzedowski, 1965; Becerra y Venable, 1999; Becerra, 2003), lo cual podría indicar que para *Bursera* el índice estomático no contribuye en la subdivisión del género.

En relación con la micromorfología de la epidermis foliar, todas las especies estudiadas presentan paredes anticlinales rectas, lo cual probablemente sea una característica común a *Bursera* y otros grupos estrechamente relacionados como *Commiphora* (observ. personal). En este sentido, se ha indicado que el borde de las paredes anticlinales de las células pueden tener una alta significancia taxonómica (Barthlott, 1984); no obstante, es importante evaluar tal carácter en un mayor número de especies de *Bursera* y géneros relacionados a fin de establecer su constancia en este grupo.

Los análisis fenéticos muestran que los caracteres de la epidermis foliar evaluados agrupan a las especies estudiadas en los dos subgéneros propuestos para *Bursera* (Bullock, 1936; McVaugh y Rzedowski, 1965; Gillet, 1980; Toledo-Manzur, 1982; Becerra y Venable, 1999). Las especies del subgénero *Bursera* presentan los estomas al nivel de las células epidérmicas típicas mientras que las de *Elaphrium* las tienen a una altura distinta. No obstante, a fin de establecer la constancia de este carácter se requiere evaluar un mayor número de especies de ambos taxones.

Se discrimina un grupo que encierra a las especies del subgénero *Elaphrium* (*B. glabra*, *B. graveolens* y *B. tomentosa*), las cuales presentan estomas a un nivel distinto que las células epidérmicas típicas (hundidos o levantados) y ornamentación secundaria de la pared celular estriada. Estos resultados apoyan los estudios taxonómicos de este grupo que indican que las especies mencionadas están estrechamente relacionadas entre sí (McVaugh y Rzedowski, 1965; Becerra y Venable, 1999). Dentro del subgénero se aprecia que *B. glabra* y *B. graveolens* son bastante afines, compartiendo la presencia de estomas ligeramente hundidos y la ornamentación de los tricomas tectores es verrucosa, mientras que *B. tomentosa* se diferencia de las dos especies anteriores por presentar los estomas levantados y tricomas tectores con una ornamentación verrucosa-baculada.

Las especies del subgénero *Elaphrium* se han separado en dos conjuntos con base en sus rasgos morfológicos, caracterizándose el grupo *copallifera* por presentar los sépalos libres y el pireno cubierto por el pseudoarilo en dos terceras partes o más, mientras que en el de *glabrifolia* los sépalos son unidos y el pseudoarilo cubre menos de los dos tercios del pireno (Toledo-Manzur, 1982). La existencia de estos dos grupos dentro de *Elaphrium* es apoyada por algunos análisis filogenéticos (Becerra y Venable, 1999; Becerra, 2003). Espinosa et al. (2006) indican que *B. glabra* y *B. graveolens* estarían dentro del grupo *glabrifolia* y *B. tomentosa* en el grupo *copallifera* con base en sus características morfológicas. No obstante, De Nova et al. (2012) realizan una reconstrucción filogenética de *Bursera* basada en datos moleculares, en la que se incluye a estas tres especies, quedando *B. glabra* en el grupo *copallifera*, mientras que *B. graveolens* y *B. tomentosa* se ubican en el conjunto *glabrifolia*. Los agrupamientos obtenidos en este estudio con base en la micromorfología foliar apoyan la propuesta morfológica de ubicación de las especies, pero no la molecular, por lo que se debe estudiar un mayor número de taxones para determinar su posible utilidad sistemática.

Las especies consideradas del subgénero *Bursera* han sido incluidas dentro del complejo *B. simaruba* por sus similitudes morfológicas (Daly, 1993; Espinosa et al., 2006). No obstante, el fenograma muestra que con respecto a la micromorfología foliar, *B. karsteniana* y *B. inversa* son más parecidas entre sí que con respecto a *B. simaruba,* debido a que esta última presenta los bordes de las células levantados y la pared periclinal externa es cóncava, mientras que *B. karsteniana* + *B. inversa* tienen los bordes de las paredes celulares acanalados y la pared periclinal externa es convexa. Por su parte, es posible diferenciar a *B. karsteniana* debido a que la ornamentación de la pared celular es lisa mientras que en *B. inversa* es estriada.

Estudios moleculares recientes en los que se incluye a *B. inversa* sugieren que esta especie no forma parte de ninguno de los dos subgéneros en que tradicionalmente ha sido dividido *Bursera* (Martínez-Habibe, 2012); adicionalmente la morfología de los cotiledones es distinta a lo señalado para el género (observ. personal), lo cual indica que la posición taxonómica de *B. inversa* no está clara. En el caso de *B. karsteniana*, Martínez-Habibe (2012) incluye en sus análisis filogenéticos a esta planta bajo el sinónimo *B. trinitensis*, quedando ubicada en un grupo hermano al complejo *simaruba* dentro del cual se encuentra la propia *B. simaruba*.

Con base en lo anterior, se aprecia que los caracteres de la epidermis foliar separan bien entre sí a estas tres especies, pero no parecen aportar información para resolver la posición sistemática de las mismas.

Los resultados obtenidos indican que los rasgos estudiados pueden tener un alto valor taxonómico en *Bursera*, pero se requiere continuar con los estudios en el grupo a fin de esclarecerlo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela por el financiamiento de la presente investigación.

LITERATURA CITADA

Andrés-Hernández, R. y D. Espinosa-Organista. 2002. Morfología de plántulas de *Bursera* Jacq. ex L. y sus implicaciones filogenéticas. Bol. Soc. Bot. Méx. 70: 5-12.

Barthlott, W. 1981. Epidermal and seed surface characters of plants: systematic applicability and some evolutionary aspects. Nord. J. Bot. 1: 345-355.

Barthlott, W. 1984. Microstructural features of seed surfaces. In: Heywood, V. H. y D. M. Moore (eds.). Current concepts in plant taxonomy. Academic Press. London, UK. pp. 95-105.

Barthlott, W., C. Neinhuis, D. Cutler, F. Disco, I. Meusel, I. Theisen y H. Wilhelmi. 1998. Classification and terminology of epicuticular waxes. Bot. J. Linn. Soc. 126: 237-260.

Becerra, J. 2003. Evolution of Mexican *Bursera* (Burseraceae) inferred from ITS, ETS and 5S ribosomal DNA sequences. Mol. Phyl. Evol. 26: 300-309.

Becerra, J., K. Noge, S. Olivier y L. Venable. 2012. The monophyly of *Bursera* and its impacts for divergence times of Burseraceae. Taxon 61: 333-343.

Becerra, J. y L. Venable. 1999. Nuclear ribosomal DNA phylogeny and its implications for evolutionary trends in Mexican *Bursera* (Burseraceae). Amer. J. Bot. 86: 1047-1057.

Bullock, A. 1936. Notes on the Mexican species of the genus *Bursera*. Bull. Misc. Inf. Kew 1936: 346-387.

Daly, D. 1993. Notes on *Bursera* in South America, including a new species. Studies in Neotropical Burseraceae VII. Brittonia 45: 240-246.

Daly, D. 1997. Burseraceae. In: Berry, P., B. Holst y K. Yatskievych (eds.). Flora of the Venezuelan Guayana. Vol. 3. Timber Press. Portland, USA. pp. 688-728.

Dean, M. y P. Ashton. 2008. Leaf surfaces as a taxonomical tool: the case of *Carex* section *Phacocystis* (Cyperaceae) in the British Isles. Plant Syst. Evol. 273: 97-105.

De Nova, A., R.,Medina, J. Montero, A. Weeks, J. Rosell, M. Olso, L. Eguiarte and S. Marañon. 2012. Insights into the historical construction of species-rich Mesoamerican seasonally dry tropical forests: the diversification of *Bursera* (Burseraceae, Sapindales). New Phytol. 193: 276-287.

Espinosa, D., J. Llorente y J. Morrone. 2006. Historical biogeographical patterns of the species of *Bursera* (Burseraceae) and their taxonomic implications. J. Biogeogr. 33: 1945-1958.

Gillett, J. B. 1980. *Commiphora* (Burseraceae) in South America and its relationship to *Bursera*. Kew Bull. 34: 569-589.

Kadiri, A. B. y J. D. Olowokudejo. 2008. Comparative foliar epidermal morphology of the West African species of the genus *Afzelia* Smith (Leguminosae-Caesalpinioideae. Gayana Bot. 65: 84-92.

Loza-Cornejo, S. y T. Terrazas. 2003. Epidermal and hypodermal characteristics in North America Cactoideae (Cactaceae). J. Plant Res. 116: 27-35.

Martínez-Habibe, C. 2012. Systematics, biogeography and leaf anatomy and architecture of *Bursera* subgen. *Bursera* (Burseracaeae) in the Greater Antilles and the Bahamas. Dissertation, PhD Degree in Botany. Claremont Graduate University. Claremont, USA. 114 pp.

McVaugh, R. y J. Rzedowski. 1965. Synopsis of the genus *Bursera* L. in western Mexico, with notes on the material of *Bursera* collected by Sessé & Mociño. Kew Bull. 18: 317-382.

Metcalfe, C. R. y L. Chalk. 1950. Anatomy of the Dicotyledons. Vol. 1 y 2. Clarendon Press. Oxford, UK. 1500 pp.

Ogunkunle, A. y F. Oladele. 2008. Leaf epidermal studies in some Nigerian species of *Ficus* L. (Moraceae). Plant Syst. Evol. 274: 209-221.

Rae, T. C. 1998. The logical basis for the use of continuous characters in phylogenetic systematics. Cladistics 14: 221-228.

Rohlf, F. 2000. NTSYS-pc. Numerical taxonomy and multivariate analysis system. Version 2.1. Exeter Software. Applied Biostatistics. New York, USA.

Shuff, T. y J. Thomas. 1993. Normal ontogeny and cool temperature-induced aberrant floral development in *Glycine max* (Fabaceae). Amer. J. Bot. 80: 429-448.

Simon, C. 1983. A new coding procedure for morphometric data with an example from periodical cicada wing veins. In: Felsenstein, J. (ed.). Numerical taxonomy. Springer-Verlag. Berlin, Alemania. pp. 378-382.

Solereder, H. 1908. Systematic anatomy of the dicotyledons. Clarendon Press. Oxford, UK. 1182 pp.

Srivastava, A. 1978. Study of leaf epidermis in the genus *Digitaria* Rich. (Gramineae). J. Indian Bot. Soc. 57: 155-160.

Stace, C. 1965. Cuticular studies as an aid to plant taxonomy. Bull. Br. Mus. Nat. Hist. Bot. 4: 3-78.

Stace, C. 1980. The significance of the leaf epidermis in the taxonomy of the Combretaceae: conclusions. Bot. J. Linn. Soc. 81: 327-339

Stace, C. 1984. The taxonomic importance of the leaf surface. In: Heywood, V. H. y D. M. Moore (eds.). Current concepts in plant taxonomy. Academic Press. London, UK. pp. 67-94.

Szymura, M. y K. Wolski. 2011. Leaf epidermis traits as tools to identify *Solidago* L. taxa in Poland. Acta Biol. Cracov. 53: 38-46.

Thakur, H. A. y D. A. Patil. 2011. The foliar epidermal studies in some hitherto unstudied Euphorbiaceae. Curr. Bot. 2: 22-30.

Toledo-Manzur, C. 1982. El género *Bursera* (Burseraceae) en Guerrero (México). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 182 pp.

Yang, H., H. Wang y D. Li. 2008. Comparative morphology of the foliage leaf epidermis with emphasis on papillae characters, in key taxa of woody bamboos of Asian tropics (Poaceae: Bambusoideae). Bot. J. Linn. Soc. 156: 411-423.

Weeks, A., D. Daly y B. Simpson. 2005. The phylogenetic history and biogeography of the frankincense and myrrh family (Burseraceae) based on nuclear and chloroplast sequence data. Mol. Phyl. Evol. 35: 85-101.

Wilkinson, H. 1979. The plant surface (mainly leaf). Stomata. In: Metcalfe, C. y L. Chalk (eds.). Anatomy of dicotyledons. Vol 1. 2a ed. Clarendon Press. Oxford, UK. 113 pp.

Zou, P., J. Liao y D. Zhang. 2008. Leaf epidermal micromorphology of *Cercis* (Fabaceae: Caesalpinioideae). Bot. J. Linn. Soc. 158: 539-547.

Recibido en mayo de 2012.

Aceptado en mayo de 2013.

APÉNDICE

Listado de especímenes utilizados en el estudio de la epidermis foliar del género *Bursera* Jacq. ex L. en Venezuela.

Bursera glabra (Jacq.) Triana & Planch.
Castro, M. y J. Guevara 153 (MY), estado Mérida; Castro, M. y J. Guevara 154 (MY), estado Mérida; Trujillo, B. 6418 (MY), estado Lara.

Bursera graveolens (Kunth) Triana & Planch.
Bernardi 508 (MERF), estado Mérida; Castro, M. y J. Guevara 161-A (MY), estado Mérida; Ruíz, T. y col. 4899-452 (MY), estado Trujillo.

Bursera karsteniana Engl.
Cárdenas, L. 1708 (VEN), estado Falcón; Castro, M. s/n (MY), estado Aragua; Trujillo, B. *14815* (MY), estado Aragua.

Bursera inversa Daly
Castro, M. y col. 155 (MY), estado Zulia.

Bursera simaruba (L.) Sarg.
Castro, M. y D. Conde 106 (MY), estado Aragua; Castro, M. y col. 156 (MY), estado Mérida; Monzón, F. s/n (MY), estado Aragua.

Bursera tomentosa (Jacq.) Triana & Planch.
Alvarado, H. y col. 266 (MY), estado Lara; Castro, M. y D. Jáuregui 152 (MY), estado Aragua; Granada, W. y B. Medina 08 (MY), estado Aragua.



Acta Botanica Mexicana 105: 31-44 (2013)

COMPARACIÓN ANATÓMICA E HISTOQUÍMICA DE LA MADERA DEL GUAYACÁN MEDICINAL PROVENIENTE DE MUESTRAS DE MERCADOS CON LA DE *GUAIACUM COULTERI* A. GRAY

Lucía Yoscelina Centeno-Betanzos[1,3], Alicia Enriqueta Brechú-Franco[1], Helia Reyna Osuna-Fernández[1], Guillermo Laguna-Hernández[1], Calixto León-Gómez[2]

[1]Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Departamento de Ecología y Recursos Naturales, 04510 México, D.F., México.
[2]Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, Departamento de Botánica, Apdo. postal 70-233, 04510 México, D.F., México.
[3]Autor para la correspondencia: yosfc@yahoo.com.mx

RESUMEN

El guayacán como planta medicinal se recomienda para problemas de salud derivados de la diabetes mellitus. En la literatura, la especie que cuenta con más reportes con el nombre común de guayacán es *Guaiacum coulteri*. Se caracterizaron anatómica e histoquímicamente muestras de la madera de guayacán procedentes de cinco mercados públicos de la Ciudad de México y una de *G. coulteri* obtenida de la xiloteca MEXUw, del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Al contrastar la estructura anatómica de los especímenes comprados con los de la xiloteca, ninguna correspondió con *G. coulteri* y además entre ellos fueron diferentes. En la comparación histoquímica se encontró mayor contenido lipídico y glucoproteíco en las células de parénquima de las muestras de mercado que en el escaso tejido de *G. coulteri*. Con este trabajo se demostró la importancia de caracterizar las especies que se comercializan como medicinales mediante su análisis anatómico, para una plena identificación. La reacción histoquímica realizada permitió resaltar con mayor precisión sus diferencias estructurales y dar información acerca de su estructura celular; sin embargo, estos datos podrían complementarse con un estudio fitoquímico posterior que provea mayor información acerca de los compuestos de cada muestra.

Palabras clave: anatomía de la madera, *Guaiacum coulteri*, histoquímica, plantas medicinales.

ABSTRACT

The medicinal plant guayacan is recommended for health problems derived from diabetes mellitus. The species most often associated in the literature with the common name guayacan is *Guaiacum coulteri*. For this study, anatomical and histochemical comparisons were made of wood samples from five markets in Mexico City and of *Guaiacum coulteri* wood deposited in the xylarium MEXUw, housed at the Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. The market samples were anatomically dissimilar, not only to *Guaiacum coulteri* but also to each other. The histochemical comparison showed higher lipid and glucoprotein contents in the parenchyma of the market samples than in *G. coulteri*, whose parenchyma is scarce. These results demonstrate the importance of anatomical characterization of species that are commercialized for medicinal use in order to assure an accurate identification. The histochemical reactions of samples enabled the structural differences among them to be observed with greater precision, and provided more information on their cellular composition; however, these results could be complemented with a subsequent phytochemical study that would provide more information on the compounds in each sample.

Key words: *Guaiacum coulteri*, histochemistry, medicinal plants, wood anatomy.

INTRODUCCIÓN

Ramawat et al. (2004) señalan que la Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que 80% de la población mundial confía en la medicina tradicional y en fármacos basados en compuestos vegetales para resolver sus principales necesidades de salud. En México se calcula que 60% de la gente utiliza la herbolaria medicinal. En zonas urbanas de la República Mexicana la forma común de conseguir plantas medicinales es acudiendo a los mercados públicos, en los que siempre hay uno o más locales comerciales donde pueden adquirirse. En la Ciudad de México existen alrededor de 312 mercados públicos que cubren la mayor parte del abasto de ese recurso para los capitalinos. En algunos casos, esta forma popular de compra puede ser riesgosa para el consumidor, ya que en el comercio existen diferentes especies botánicas conocidas con el mismo nombre común. Algunas de ellas, principalmente las que se venden secas o troceadas, presentan una similitud morfológica que no permite distinguirlas. Esto facilita que un recurso pueda ser substituido por otro cuando uno escasea, sin que el comprador sea informado o lo note. Es por ello que al comprar

una planta o mezclas secas de ellas para remedio de una afección o enfermedad, se corra el peligro de no obtener el efecto requerido o incluso tener uno antagónico y poner en riesgo la salud de los consumidores (Carmona-Jiménez, 1992).

Un ejemplo de lo anterior se observa en el comercio de la madera y/o corteza del guayacán o guayacán amarillo, que se recomienda para tratar problemas relacionados con la diabetes mellitus. Ésta se expende sola o en mezclas con otras plantas, lo que dificulta su reconocimiento, ya que al estar troceadas, se pierden características con las que pudieran ser reconocidas. En la literatura, el nombre de guayacán se asigna a más de 20 especies botánicas diferentes pero principalmente a *Guaiacum coulteri* de la familia Zygophyllaceae (Centeno-Betanzos, 2007), la cual cuenta con estudios farmacológicos que muestran un efecto hipoglucemiante (Ramos et al., 1992). En varios trabajos se ha demostrado que la introducción de nuevos elementos vegetales en el comercio es muy frecuente (Anaya, 1991; García, 1992; Manzanero, 1995; Gutiérrez y Betancourt, 2002) y que los estudios anatómicos son de gran ayuda para conocer la identidad de la planta, especialmente cuando no se cuenta con flores o frutos, siendo útil para detectar la adulteración, fraude o sustitución de un producto (Carmona-Jiménez, 1992). Es por lo anterior que se decidió caracterizar la anatomía e histoquímica de la madera que se vende como guayacán o guayacán amarillo en mercados importantes de la Ciudad de México y compararla con la de *G. coulteri* para validar su correspondencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Trabajo de campo

Se visitaron cinco mercados de la Ciudad de México en donde se venden plantas medicinales: Sonora, Jamaica, Xochimilco, Pasaje Catedral y M. Múzquiz (San Ángel) y se compraron muestras de guayacán o guayacán amarillo en tres locales elegidos al azar de cada uno de ellos. Por otra parte, la madera de *G. coulteri* se obtuvo de la xiloteca MEXUw del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Microtecnia

Todas las muestras se seccionaron en trozos de 1 cm^2 y se ablandaron en agua hirviendo por 60 min y posteriormente en etilendiamina a 10% hirviendo por 60 a 90 min (Carlquist, 1982 y Kukachka, 1977). La inclusión se hizo en polietilenglicol (PEG) gradual (León-Gómez, 1997). Se obtuvieron cortes de 15 a 20 μm de grosor

en tres planos de orientación con un microtomo de deslizamiento. Para la descripción anatómica se usó la tinción con safranina acuosa a 1%. Las laminillas se montaron con resina sintética Entellan. Para el disociado de la madera se seccionaron astillas delgadas de cada muestra, las cuales se pusieron en solución de Jeffrey (trióxido de cromo y ácido nítrico 1:1 a 10% en solución acuosa) por 24 y 48 hrs, dependiendo de la dureza. Posteriormente se montaron en resina sintética.

Para la descripción cualitativa externa de la madera, se siguieron los criterios usados por Barajas-Morales y León-Gómez (1989). Los promedios obtenidos para cada una de las características se calcularon con 25 mediciones hechas en un microscopio óptico marca Zeiss. La terminología, estándares y algunos aspectos de la organización celular, se basaron en las propuestas por el Comité de Nomenclatura de la Asociación Internacional de Anatomistas de la Madera (Anónimo, 1989).

Histoquímica

Se usó el azul negro de naftol en solución alcohólica 0.5% (ANN) para la detección de proteínas, la doble tinción azul negro de naftol y ácido peryódico reactivo de Schiff (ANN-Sch) para reconocer glucoproteínas y polisacáridos insolubles (López et al., 2005), y la tinción cuádruple de Johansen (CJ) para identificar lignina, celulosa, almidón, proteínas y lípidos insolubles (Johansen, 1940).

RESULTADOS

Anatomía

A partir de la descripción anatómica de las muestras adquiridas en los mercados, se encontraron marcadas diferencias y similitudes en su estructura celular, principalmente en el arreglo del parénquima axial, número de células del parénquima estratificado y número de estratos por milímetro, lo que permitió clasificarlas en tres grupos:

Grupo 1. En este grupo se incluyen las muestras de los mercados Sonora y Pasaje Catedral.

Descripción cualitativa externa: Color amarillo claro, textura lisa, aromático y ligeramente amargo.

Caracteres microscópicos: (Láminas 1 y 2. Figs. 1, 5, 9 y 13).

Vasos: Porosidad difusa, con poros de contorno ovalado y circular. Éstos se encontraron principalmente en múltiples radiales de 2 y 3 y algunos solitarios (Fig.

5); fueron escasos, con 3 poros/mm^2 y medianos con un diámetro tangencial de 116 µm en promedio (86-160 µm). Elementos de vaso cortos, con longitud promedio de 221 µm (148-309 µm). Placa de perforación simple con inclinación de 30 a 45º. Punteaduras intervasculares y de vaso a radio alternas y pequeñas, con 6 µm de diámetro.

Parénquima axial: Paratraqueal en abundantes bandas confluentes y vasicéntrico de una hilera de células (Fig. 5). Cada banda tuvo 6 estratos celulares en promedio, vistos en corte transversal y con 4 células por serie parenquimatosa (Fig. 1). Cada célula presentó varios cristales poliédricos en cámara.

Parénquima radial: Los radios fueron muy numerosos, 14/mm en promedio, heterocelulares tipo III, principalmente biseriados y en menor cantidad triseriados (Fig. 1); formados por células procumbentes en el cuerpo y con una hilera de células erectas en ambos márgenes; fueron extremadamente bajos, con una altura promedio de 154 µm (123-205 µm).

Fibras: Libriformes, moderadamente cortas, con longitud promedio de 811 µm (494-1087 µm). Paredes gruesas con 3 µm de espesor y 9 µm de diámetro tangencial.

Otras características: Se presentó estratificación del parénquima axial, elementos de vaso y radios, con 6 líneas/mm. (Fig. 1).

Grupo 2. En este grupo se incluyen las muestras de los mercados Jamaica y Xochimilco.

Descripción cualitativa externa: color amarillo claro, textura lisa, ligeramente aromático y ligeramente amargo.

Caracteres microscópicos: (Láminas 1 y 2. Figs. 2, 6, 10 y 14).

Vasos: Porosidad semianular a difusa, con poros circulares y ovalados; principalmente solitarios, algunos múltiples radiales, otros en racimos de 2 o 3 células y escasos de 4 o 5 células (Fig. 6); fueron moderadamente numerosos, con 12 poros/mm^2 y medianos con un diámetro tangencial de 105 µm en promedio (74-136 µm). Los elementos de vaso fueron muy cortos, con longitud promedio de 175 µm (111-247 µm). Placa de perforación simple, con inclinación de 15 a 45º. Punteaduras intervasculares y de vaso a radio alternas y pequeñas, con 6 µm de diámetro.

Parénquima axial: Paratraqueal en bandas confluentes (Fig. 6). Cada banda con 6 a 8 estratos celulares de amplitud en promedio, vistos en corte transversal y principalmente con 2 células por serie parenquimatosa (Fig. 2). Ocasionalmente con células fusiformes. Cada célula presentó varios cristales poliédricos en cámara.

Parénquima radial: Los radios fueron numerosos, 12/mm en promedio, homocelulares, principalmente biseriados y escasamente triseriados (Fig. 3); formados

por células procumbentes; extremadamente bajos, con una altura promedio de 137 µm (98-173 µm).

Fibras: Libriformes, moderadamente cortas, con longitud promedio de 876 µm (703-1235 µm). Paredes gruesas, con 3 µm de espesor y 8 µm de diámetro tangencial.

Otras características: Se presentó estratificación del parénquima axial, elementos de vaso y radios, con 8 líneas/mm. (Fig. 2).

Grupo 3. Este grupo incluye una sola muestra del mercado Jamaica.

Descripción cualitativa externa: Color amarillo claro, textura lisa, sin olor, sin sabor.

Caracteres microscópicos: (Láminas 1 y 2. Figs. 3, 7, 11 y 15).

Vasos: Porosidad difusa, con poros ovalados; se observaron principalmente solitarios, más escasos los múltiples radiales de 2, 3 y hasta 4 células (Fig. 7); moderadamente numerosos, con 9 poros/mm^2 y pequeños con un diámetro tangencial de 70 µm en promedio (62-86 µm). Los elementos de vaso fueron cortos, con longitud promedio de 227 µm (148-309 µm). Placa de perforación simple con inclinación de 45°. Punteaduras intervasculares y de vaso a radio alternas y pequeñas con 4 a 5 µm de diámetro.

Parénquima axial: Paratraqueal de distribución aliforme y marginal (Fig. 7). Cada banda con 3 a 6 estratos celulares de amplitud en promedio, vistos en corte transversal y con series de 2 a 4 células por serie parenquimatosa (Fig. 3). Cada célula presentó de 4 a 6 cristales poliédricos en cámara. Los cristales en este grupo fueron de gran tamaño, de 15 µm en promedio (13-18 µm), medidos en corte tangencial a 40x.

Parénquima radial: Los radios fueron abundantes, 17/mm, homocelulares, principalmente triseriados y tetraseriados y en menor cantidad multiseriados (Fig. 3); se observaron formados por células procumbentes; extremadamente bajos, con una altura promedio de 385 µm (253-495 µm).

Fibras: Fibrotraqueidas, largas con longitud promedio de 774 µm (518-988 µm). Paredes gruesas, de 3 µm de espesor y 11 µm de diámetro tangencial en promedio. Presentaron abundantes y pequeñas punteaduras areoladas en corte tangencial (3 a 5 µm).

Otras características: No hubo estratificación (Fig. 3). Se observaron anillos de crecimiento debido al parénquima marginal y canales intercelulares de origen traumático con goma, alineados en bandas tangenciales en algunas zonas del xilema.

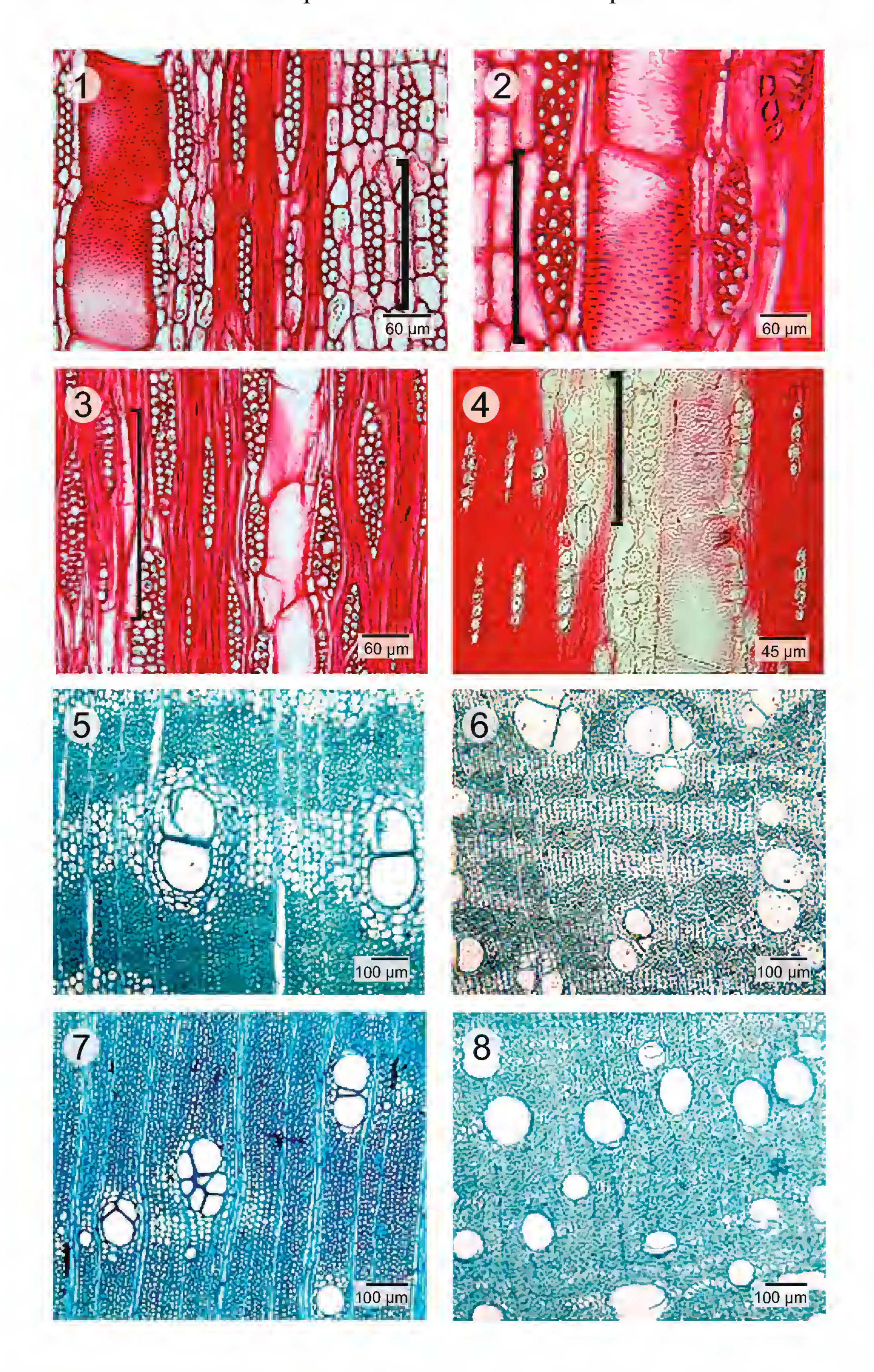


Lámina 1. Anatomía e histoquímica de la madera del guayacán de mercado y *Guaiacum coulteri*. Maderas teñidas con safranina (Figs. 1-4) y con azul negro de naftol, que tiñe proteínas de azul (Figs. 5-8). **Grupo 1**: Fig. 1. Parénquima paratraqueal con 4 células por serie parenquimatosa (corchete); Fig. 5. Poros circulares en agregados de 2 y 3. **Grupo 2**: Fig. 2. Parénquima paratraqueal con 2 células por serie parenquimatosa (corchete); Fig. 6. Poros circulares dispuestos en agregados y algunos solitarios. **Grupo 3**: Fig. 3. Parénquima paratraqueal con series de 2 a 4 células por serie parenquimatosa (corchete); Fig. 7. Poros ovalados en agregados. *G. coulteri*: Fig. 4. Parénquima paratraqueal con 2 células por serie parenquimatosa (corchete); Fig. 8. Poros ovalados y solitarios.

Guaiacum coulteri: Muestra de *G. coulteri* obtenida de la xiloteca MEXUw del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Descripción cualitativa externa: Color amarillo, textura lisa, sin olor y de sabor ligeramente amargo. Veteado irregular, contraste entre albura de color amarillo y duramen de color pardo verdoso.

Caracteres microscópicos: (Láminas 1 y 2. Figs. 4, 8, 12 y 16).

Vasos: Porosidad difusa, con poros ovalados y solitarios (Fig. 8), numerosos, con 35 poros/mm^2 y pequeños con un diámetro tangencial de 98 µm en promedio (74-123 µm). Los elementos de vaso fueron cortos con longitud promedio de 140 µm (86-185 µm). Placa de perforación simple con una inclinación de 15º. Punteaduras intervasculares y de vaso a radio alternas, areoladas y pequeñas con 4 a 6 µm de diámetro.

Parénquima axial: Paratraqueal, escaso, aliforme y confluente con 1 o 2 estratos celulares, vistos en corte transversal (Fig. 8) y con 2 células por serie parenquimatosa (Fig. 4). Cada célula presentó un cristal estiloideo.

Parénquima radial: Los radios fueron muy abundantes, 26/mm en promedio, homocelulares y exclusivamente uniseriados (Fig. 4), formados por células procumbentes y extremadamente bajos con una altura promedio de 95 µm (77-123 µm).

Fibras: Fibrotraqueidas largas, con longitud promedio de 811 µm (642-1050 µm). Paredes gruesas con 3 µm de espesor y 9 µm de diámetro tangencial. Presentaron abundantes y pequeñas punteaduras (3 a 5 µm) areoladas en corte tangencial.

Otras características: Hubo estratificación del parénquima axial, elementos de vaso y radios, con 13 líneas/mm (Fig. 4). Madera muy dura, fuerte y durable.

Histoquímica

El azul negro de naftol (ANN) es empleado para la identificación de proteínas. (Lámina 1. Figs. 5 y 8). En todas las muestras se observó reacción intensa en paredes y citoplasma del parénquima axial y radial. En los grupos 1 y 2 las bandas confluentes se definieron con claridad del parénquima que se intercala con las fibras (Figs. 5 y 6). En *G. coulteri* las fibras se tiñeron fuertemente, lo que produjo un color homogéneo en todo el tejido por su abundancia, resaltando la forma de los vasos y el escaso parénquima paratraqueal de tipo aliforme a su lado (Fig. 8). Sobresalió la diferencia en la presencia de proteínas celulares entre los grupos y *G. coulteri*.

El Schiff-azul negro de naftol (Sch-ANN) es usado para la identificación de glucoproteínas y polisacáridos insolubles (Lámina 2. Figs. 9 y 12). En todas las muestras, excepto en *G. coulteri*, a pesar de que el citoplasma del parénquima radial y axial reaccionó con ambos colorantes, dominó la tinción con Schiff, lo que indicó

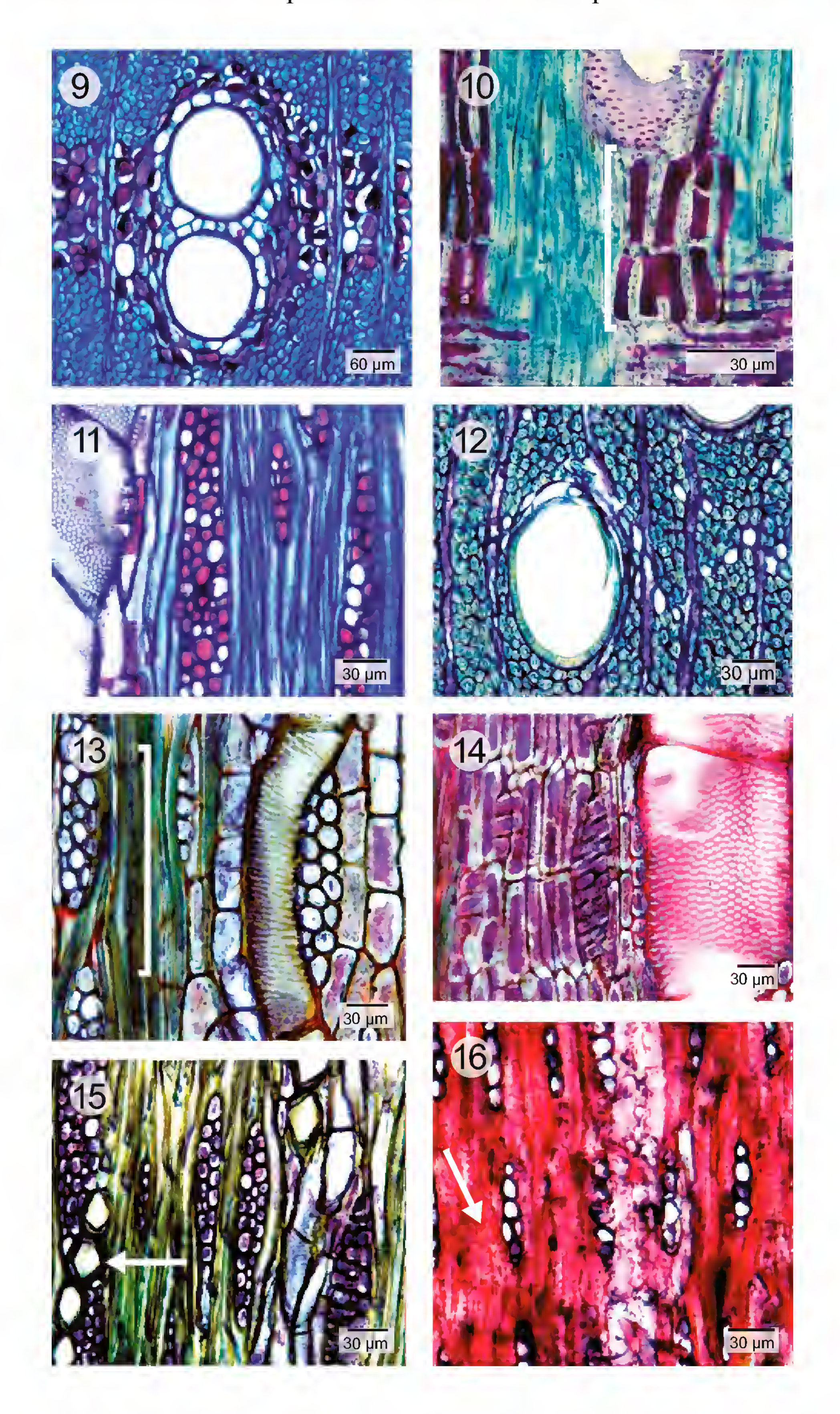


Lámina 2. Histoquímica de la madera del guayacán de mercado y de *Guaiacum coulteri*. Maderas teñidas con Schiff-azul negro de naftol, que tiñe proteínas de azul y glucoproteínas y polisacáridos en rosa mexicano (Figs. 9-12); en todas las muestras el parénquima axial y radial reacciona a ambos colorantes y las fibras solo al azul. Muestras teñidas con la cuádruple de Johansen, que colora de verde a la celulosa, de morado al contenido glucoprotéico (Figs. 13-16). **Grupo 1**: Figs. 9 y 13. Fibras gelatinosas (corchete). **Grupo 2**: Figs. 10 y 14. Parénquima con contenido glucoprotéico (corchete). **Grupo 3**: Figs. 11 y 15. Cristales (flecha) y fibrotraqueidas celulósicas. *G. coulteri*: Figs. 12 y 16. Fibrotraqueidas lignificadas (flecha).

el predominio de carbohidratos celulares, que al contrario de las fibras, resaltó la reacción al azul negro de naftol debido a la abundancia de proteínas presentes en estas células. (Figs. 9, 10 y 11).

La reacción de ambos colorantes en la pared de los vasos hizo más visible las punteaduras (Fig. 10). En el escaso parénquima de *G. coulteri*, hubo dominancia del azul, lo que fue característico para esta muestra (Fig. 12). El citoplasma del parénquima paratraqueal del grupo 3 presentó un contenido en forma de mucílago.

La tinción cuádruple de Johansen permitió distinguir celulosa, lignina, proteínas y almidón (Lámina 2. Figs. 13 y 16). En los grupos 1 y 2 los contenidos citoplásmicos del parénquima axial y radial se tiñeron de color rosa a morado en diferente intensidad, debido al contenido celular de tipo glucoproteico. Las fibras, principalmente de los grupos 1 y 3, lo hicieron fuertemente de verde, lo que destacó su composición celulósica (Figs. 13, 14 y 15). En *G. coulteri*, las fibrotraqueidas se tiñeron totalmente de color rojo debido a la abundancia de lignina (Fig. 16). En el citoplasma del parénquima axial del grupo 1 se lograron distinguir cuerpos esferoidales similares a amiloplastos, coloreados en violeta en diferentes intensidades (Fig. 13). El citoplasma del parénquima radial se tiñó de morado debido a la presencia de glucoproteinas (Figs. 13 y 16). En corte tangencial, en los extremos del parénquima radial sobre la célula erecta del grupo 1 se observó un material teñido de rojo, que indicó la presencia de lignina (Fig. 11). En el grupo 3 destacaron los cristales en las células de parénquima (Fig. 15). En *G. coulteri* tanto la pared de los vasos como las abundantes fibrotraqueidas se tiñeron de rojo por la presencia de lignina, lo que homogenizó la coloración rojiza de todo el tejido. El escaso citoplasma de las células de los radios y del parénquima axial se colorearon de violeta, por el alto contenido de proteínas (Fig. 16).

DISCUSIÓN

Comparación anatómica entre las muestras del mercado y la madera de *Guaiacum coulteri*

Aunque las muestras de mercado presentaron diferencias morfológicas cualitativas, éstas no fueron suficientemente contundentes para permitir la distinción de los diferentes grupos con facilidad o a simple vista. Esto confirma el hecho de que al momento de comprar guayacán en los mercados, es muy probable que el consumidor no logre notar la diferencia entre la madera de una y otra especie. Sin embargo, por medio de los caracteres microscópicos se encontraron diferencias importantes en

todos los elementos celulares que constituyen la madera, lo que permitió clasificar las muestras de los mercados en tres grupos. Sobresalió el hecho de que hubo mayor cantidad de parénquima paratraqueal en las maderas de los grupos 1 y 2 que en el 3 y en *G. coulteri*, pero estos últimos presentaron más tejido de esclerénquima. Además, *G. coulteri* superó a todas en abundancia de fibrotraqueidas y cristales que le confieren su dureza.

A pesar de que ninguna estructura celular de las maderas de guayacán compradas en los mercados coincidió con la de *G. coulteri*, fueron tan características que, por comparación anatómica con especies reportadas por Carmona-Jiménez (1997) y laminillas de la colección de la xiloteca MEXUw del Instituto de Biología de la UNAM, fue posible encontrar que el arreglo celular de la madera del grupo 3 coincidía con el del género *Citrus* de la familia Rutaceae. Esto hace probable que la muestra sea de *Citrus limetta*, debido a que hay reportes que indican que la madera de esta especie se comercializa en estos mercados y también se recomienda contra la diabetes, aunque no se le conoce como guayacán (Carmona-Jiménez, 1992; Aguilar y Xolalpa, 2002; Andrade-Cetto y Heinrich, 2005). De la misma forma, por comparación anatómica de los grupos 1 y 2 con las laminillas existentes en la colección de la xiloteca y las reportadas por Barajas-Morales y León-Gómez (1989), se encontró que su estructura celular coincide con la de las especies del género *Lonchocarpus* (Fabaceae). Así, es posible que las maderas incluidas en el grupo 2 sean de *Lonchocarpus cruentus*, lo cual se apoya en los registros de Aguilar y Xolalpa (2002) y Andrade-Cetto y Heinrich (2005), quienes reportan a *Lonchocarpus cruentus* como guayacán y con uso medicinal contra la diabetes. Puesto que los grupos 1 y 2 corresponden a especies del género *Lonchocarpus,* sería recomendable llevar a cabo el estudio fitoquímico y farmacológico de estas plantas, para evaluar su acción en el control de la diabetes como se reporta en los estudios etnobotánicos.

No se realizaron análisis estadísticos más amplios, debido a que la descripción anatómica permitió establecer las diferencias entre las muestras.

Comparación histoquímica

En la comparación histoquímica de los tres grupos del mercado y *G. coulteri* se observó que las respuestas celulares resaltaron aún más las diferencias estructurales. En *G. coulteri,* la fuerte reacción del azul negro de naftol en las abundantes fibrotraqueidas lignificadas se debió al elevado contenido proteico en sus paredes, y el escaso parénquima axial se coloreó débilmente con el reactivo doble, Schiff-azul negro de naftol y con la tinción cuádruple de Johansen, en comparación con las demás muestras. En todos los casos hubo reacción positiva de proteínas y carbohi-

dratos en el parénquima axial y radial, lo que señaló que el contenido celular es de composición glucoproteica. El material ergástico en todas las muestras se observó mejor por la ausencia de coloración. Las diferencias en la cantidad de células de parénquima axial y radial, y por lo tanto en la proporción de sus compuestos entre *G. coulteri* y las demás maderas, fueron más visibles con el uso de las técnicas histoquímicas. De esta manera, se pudo poner en evidencia que las sustancias con posible actividad medicinal como las glucoproteínas existentes en el parénquima, fueron mucho más abundantes en la estructura celular de las maderas del mercado que en las de *G. coulteri*.

Con la tinción cuádruple de Johansen se conoció y diferenció la composición de los contenidos celulares, ya que mientras que las fibrotraqueidas de *G. coulteri* se tiñeron de rojo por la presencia de lignina, las fibras de muestras de mercado se colorearon principalmente de verde por la existencia de celulosa. A este tipo de fibras que en las paredes conservan celulosa, se les conoce como fibras gelatinosas, las cuales son parte de la madera de reacción presente en las ramas. Lo anterior confirma que la madera con ese tipo de fibras provenía de ramas como se describió en la morfología.

La aplicación por separado de la tinción azul negro de naftol (ANN) para detectar la presencia de proteínas y la doble reacción Schiff-azul negro de naftol (Sch-ANN) para distinguir glucoproteínas, así como el uso de la cuádruple de Johansen en la madera, reportada por primera vez en este trabajo con excelentes resultados, permitió localizar en los tejidos, contenidos celulares de importancia medicinal (Laguna-Hernández, et al., 1995).

De esta forma, se confirma que la histoquímica es una herramienta de gran ayuda en la identificación de la presencia, ubicación y distribución de posibles compuestos de importancia fitoquímica en los tejidos vegetales, así como para un mejor realce y contraste de las estructuras celulares que facilita la descripción anatómica. Consideramos que la aplicación de tales técnicas en conjunto con las que ya se utilizan puede aportar conocimiento valioso en la caracterización de las partes vegetales utilizadas en la medicina tradicional (Estrada, 1982; Laguna-Hernández et al., 1995), así como en la información que se integra en la farmacognosia de las farmacopeas.

CONCLUSIONES

La comparación anatómico-histoquímica de las maderas de guayacán obtenidas de mercados con la de *Guaiacum coulteri* evidenció que las especies que se están comercializando actualmente con este nombre en los principales mercados de

la Ciudad de México, no corresponden a *G. coulteri*. Se reconocieron tres grupos estructuralmente distintos que presentaron afinidades anatómicas con otros géneros, de manera que las maderas incluidas en los grupos 1 y 2 corresponden a *Lonchocarpus* (Fabaceae) y la del grupo 3 a *Citrus* (Rutaceae).

AGRADECIMIENTOS

A la M. en C. Josefina Barajas Morales, encargada de la colección de la xiloteca del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, por las muestras de madera de *G. coulteri* y *L. cruentus* y por las facilidades en la realización de este trabajo. Al personal del laboratorio de Ficología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México por facilitar el equipo de fotografía y al Dr. David S. Gernandt del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México por la revisión del manuscrito.

LITERATURA CITADA

Aguilar, A. y S. Xolalpa. 2002. La herbolaria mexicana en el tratamiento de la diabetes. Ciencia 53(3): 24-35.

Anaya, M. 1991. Estudio etnobotánico del complejo quina en México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 164 pp.

Andrade-Cetto, A. y M. Heinrich. 2005. Mexican plants with hypoglycaemic effect used in the treatment of diabetes. J. Ethnopharmacol. 99: 325-348.

Anónimo. 1989. List of microscopic features for hardwood identification. International Association of Wood Anatomists Bull. 10(3): 219-332.

Barajas-Morales, J. y C. León-Gómez. 1989. Anatomía de maderas de México: especies de una selva baja caducifolia. Publicaciones Especiales 1. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 128 pp.

Carlquist, S. 1982. The use of ethylenediamine in softening hard plant structures for paraffin sectioning. Stain Technology 54(5): 311-317.

Carmona-Jiménez, M. L. 1992. Estudio anatómico, morfológico y etnobotánico de algunas maderas del mercado Sonora. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 182 pp.

Centeno-Betanzos, L. Y. 2007. Comparación anatómica e histoquímica de corteza y madera de guayacán de mercado de uso medicinal con *Guaiacum coulteri* (Zygophyllaceae) de la xiloteca MEXUw. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 103 pp.

Estrada, E. 1982. Manual de técnicas histológicas. AGT Editores. México, D.F., México. 140 pp.

García, B. 1992. Estudio etnobotánico de las cortezas medicinales del estado de Morelos y zonas limítrofes con Puebla y Guerrero. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México. 100 pp.

Gutiérrez, M. y Y. Betancourt. 2002. El mercado de plantas medicinales en México: situación actual y perspectivas de desarrollo. Programa Panamericano de Defensa y Desarrollo de la Diversidad Biológica, Cultural y Social. Buenos Aires, Argentina. Consultado el 4 de marzo de 2011. http://www.prodiversitas.bioetica.org/nota65.htm#

Johansen, D. 1940. Plant microtechnique. McGraw-Hill. New York, USA. 523 pp.

Kukachka, B. 1977. Sectioning refractory wood for anatomical studies. Note-0236. Forest Service Research of the United State Department of Agriculture - University of Wisconsin. Laramie, Wisconsin, USA. 9 pp.

Laguna-Hernández, G., M. C Pérez-Amador y A. García-Argaez. 1995. Comparative histological and histochemical study of the "Jalapa root". Phyton 57(2): 173-177.

León-Gómez, C. 1997. Arquitectura hidráulica de vitáceas (lianas) de Los Tuxtlas, Veracruz. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 137 pp.

López, M., J. Márquez y G. Murguía. 2005. Técnicas para el estudio del desarrollo en angiospermas. 2a. Ed. Las Prensas de Ciencias. México, D.F., México. 178 pp.

Manzanero, G. 1995. Estudio de algunas raíces medicinales frescas del mercado Sonora, México, D.F. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 173 pp.

Ramawat, K., K. Sonie y M. Sharma. 2004. Therapeutic potential of medicinal plants: an introduction. In: Ramawat, K. G. (ed.). Biotechnology of medicinal plants: vitalizer and therapeutic. Science Publishers. Enfield, New Hampshire, USA. 302 pp.

Ramos, R., F. Alarcón-Aguilar, A. Lara-Lemus y J. Flores-Saenz. 1992. Hypoglycemic effect of plants used in México as antidiabetics. Arch. Med. Res. 23(1): 59-64.

Recibido en octubre de 2010.

Reactivado en abril de 2012.

Aceptado en abril de 2013.

Acta Botanica Mexicana 105: 45-58 (2013)

NUEVOS REGISTROS DE BASIDIOMYCOTA PARA JALISCO, MÉXICO

Olivia Rodríguez[1,2], María de Jesús Herrera-Fonseca[1] y Adrián Galván-Corona[1]

[1]Universidad de Guadalajara, Departamento de Botánica y Zoología,
Apdo. postal 1-139, 45101 Zapopan, Jalisco, México.
[2]Autor para la correspondencia: oliviaro@cucba.udg.mx

RESUMEN

Se reconocen 23 registros nuevos para la micobiota de Jalisco, de los cuales los órdenes más representativos fueron los Agaricales, Hymenochaetales y Russulales. De ellos se describen a *Albatrellus caeruleoporus, Amanita jacksonii*, *Hydnellum ferrugineum, Hymenochaete damicornis*, *Pluteus salicinus, Ramaria araiospora* var. *araiospora* y *Suillus tomentosus* var. *discolor*, y se proporciona información acerca de su importancia económica y distribución ecológica.

Palabras clave: diversidad fúngica, Jalisco, micología, San Sebastián del Oeste.

ABSTRACT

Twenty three new records are reported for the Jalisco mycobiota, mainly pertaining to Agaricales, Hymenochaetales and Russulales. *Albatrellus caeruleoporus, Amanita jacksonii*, *Hydnellum ferrugineum, Hymenochaete damicornis*, *Pluteus salicinus, Ramaria araiospora* var. *araiospora* and *Suillus tomentosus* var. *discolor* are described, and information is provided on their economic importance and ecologic distribution.

Key words: fungal diversity, Jalisco, mycology, San Sebastián del Oeste.

INTRODUCCIÓN

En Jalisco el conocimiento de su micobiota se ha incrementado al contarse con inventarios de diferentes regiones de la entidad (Nieves, 1985; Vázquez y Guz-

mán-Dávalos, 1988; Téllez et al., 1988; Rodríguez et al., 1994; Fierros y Guzmán-Dávalos, 1995; Oliva, 2000; Arroyo 2001; Herrera-Fonseca et al., 2002; Gándara, 2004), o por estudios taxonómicos de algunos géneros por Guzmán-Dávalos y Guzmán (1985, 1986, 1991), Vázquez y Guzmán-Dávalos (1991), Rodríguez et al. (1997), Rodríguez (1998), Rodríguez y Guzmán-Dávalos (2000, 2001), Guzmán-Dávalos (2003), Guzmán-Dávalos et al. (2006), Torres-Torres y Guzmán-Dávalos (2008), realizados a lo largo de casi 30 años.

Como una contribución más al conocimiento de la diversidad de especies fúngicas en Jalisco, se aportan en este trabajo 23 registros de Basidiomycota nuevos procedentes de los municipios Cabo Corrientes, Tala, Tequila, San Sebastián del Oeste, Zapopan y Zapotlán el Grande. Se describen siete taxa, por ser poco comunes, y se incluye también información acerca de la importancia económica y distribución ecológica de las mismas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó la revisión de ejemplares de hongos depositados en los herbarios IBUG y ZT recolectados en el estado de Jalisco. El material fue estudiado de acuerdo con las técnicas convencionales en micología (Largent et al., 1977; Cifuentes et al., 1986). Para las observaciones al microscopio se efectuaron preparaciones montadas en hidróxido de potasio a 3%; en algunos casos se utilizó solución de Melzer y rojo Congo. Se consultó la bibliografía especializada de los taxa examinados, como Breitenbach y Kränzlin (1986, 1995, 2005), Pegler (1986), Vellinga (1990), Guzmán y Ramírez-Guillén (2001) y Parmasto (2001), entre otras obras.

RESULTADOS

Se presenta un anexo con los 23 registros nuevos y sus respectivos especímenes estudiados, en el que se menciona la localidad (codificada según el Cuadro 1), así como el colector, su número, fecha y herbario. Los órdenes mejor representados fueron los Agaricales, Hymenochaetales y Russulales que corresponden al grupo de los Basidiomycota.

De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo y lo encontrado por Rodríguez et al. (1994) y Herrera-Fonseca et al. (2002), se puede afirmar que en los municipios de Tequila y San Sebastián del Oeste, de los cuales procede la mayoría de

Cuadro 1. Localidades donde fueron recolectados los ejemplares estudiados.

1. km 12-15 de la brecha Mariano Otero a San Isidro Mazatepec, Bosque La Primavera, municipio de Zapopan.
2. Bosque la Primavera, municipio de Zapopan.
3. 1 km camino a Los Otates - La Provincia, carretera Tomatlán - Puerto Vallarta, municipio de Cabo Corrientes.
4. km 2-6 al suroeste del Motoautódromo, Bosque La Primavera, municipio de Zapopan.
5. Ingenio de Tala (Tiradero de bagazo), municipio de Tala.
6. 50 metros de la entrada al pueblo de San Sebastián del Oeste, municipio de San Sebastián del Oeste.
7. Cerro entre la taberna de la Ermita y el Otatal, Municipio de San Sebastián del Oeste.
8. Arroyo Sonteco, km 21 San Sebastián del Oeste, La Haciendita (San Isidro), municipio de San Sebastián del Oeste.
9. El Floripondio, faldas del Nevado de Colima, camino a la Estación de Microondas Las Víboras, municipio de Zapotlán El Grande.
10. Camino Real Alto - La Bufa, 3.5-5.5 km del pueblo de San Sebastián del Oeste, municipio de San Sebastián del Oeste.
11. km 8 camino a la Estación de Microondas del Volcán de Tequila, municipio de Tequila.
12. Cerro el Tepopote, camino de ascenso a la Torre de transmisión al oeste de Nextipac, municipio de Zapopan.
13. Tierra Blanca, Segundo arroyo, Camino Real Alto - La Bufa, municipio de San Sebastián del Oeste.
14. km 18 camino a la Estación de Microondas, Volcán de Tequila, municipio de Tequila.

los ejemplares estudiados, existe una alta diversidad fúngica. Es probable que exista una riqueza similar en muchas regiones de Jalisco que aún no han sido exploradas u otras en las que la recolecta de material ha sido poca.

Con base en el estudio de los taxa listados en el anexo, se presentan las observaciones y descripciones de caracteres macro y micromorfológicos de siete especies, además se incluyen fotografías para algunas de ellas.

Albatrellus caeruleoporus (Peck) Pouzar, Fig. 1.

Especie caracterizada por tener basidioma infundibuliforme, con margen ligeramente incurvado y la superficie lisa, fibrilosa o velutina, a ligeramente escamosa, con escamas pequeñas planas, de color pardo obscuro, y el resto anaranjado-gri-

sáceo con tonos azul-grisáceos. Su himenóforo está compuesto por poros angulares, con borde lacerado, decurrentes, blanquecinos con tonos azulados, que se tornan de color anaranjado a pardo-anaranjado cuando seco. Presenta un estípite fibriloso a reticulado, más evidente hacia la base, observándose el retículo de color pardo obscuro. Sus basidiosporas son de 4-5.2 x 3.2-4.4 µm, ampliamente elipsoides e inamiloides, y con un sistema hifal monomítico de hifas septadas, de pared delgada a subgruesa y sin fíbulas.

Las características macro y micromorfológicas observadas en el espécimen estudiado concuerdan con lo descrito por Valenzuela et al. (1994), quienes citaron este hongo de los estados de Durango y Nuevo León.

Albatrellus fletti es afín a *A. caeruleoporus* en virtud de los tonos azules del basidioma, pero se distingue microscópicamente por presentar hifas generativas con fíbulas (Valenzuela et al., 1994). *Albatrellus caeruleoporus* se reporta como medicinal (Sultana et al., 2007).

Material estudiado: JALISCO, municipio de San Sebastián del Oeste, camino a Real Alto - La Bufa, 5.5 km del pueblo de San Sebastián del Oeste, julio 28, 2008, *E. Horak 13130* (IBUG, ZT).

Hábitat: solitario, en suelo de bosque de pino-encino.

Amanita jacksonii Poumerl., Fig. 2.

Este taxon forma parte del complejo *Amanita caesarea* (Scop.) Pers., se distingue macromorfológicamente por presentar un píleo convexo-umbonado, subvíscido, liso, rojo-anaranjado intenso en el centro y anaranjado hacia el margen, el cual es fuertemente estriado. Presenta basidiosporas de 9-10(-11) x 6-7(-8) µm, elipsoides a ampliamente elipsoides, pocas subglobosas, con un apículo prominente, y el subhimenio formado por 2-3 células, con elementos ramosos e inflados.

De acuerdo con Guzmán y Ramírez-Guillén (2001), la especie puede confundirse con *A. tullossii* Guzmán & Ram.-Guill., misma que tiene también un píleo umbonado, rojo brillante a anaranjado-rojizo; sin embargo, esta última presenta basidiosporas subglobosas a ampliamente elipsoides, y un subhimenio formado por 4-5 células globosas.

Se amplía su distribución conocida al registrarse de Jalisco; anteriormente se reportaba de los estados de Hidalgo, Michoacán, Morelos, San Luis Potosí, Veracruz (Guzmán y Ramírez-Guillén, 2001) y de Oaxaca (Garibay-Orijel et al., 2006). Al igual que el resto de los taxa que conforman el complejo *Amanita caesarea*, es considerada como comestible.

Material estudiado: JALISCO, municipio de Cabo Corrientes, 1 km camino a Los Otates - La Provincia, carretera Tomatlán - Puerto Vallarta, julio 27, 2008, *O. Rodríguez 3349* (IBUG).

Hábitat: solitario, en humus de bosque de pino-encino.

Hydnellum ferrugineum (Fr.) P. Karst., Fig. 3.

Presenta píleo turbinado-pulvinado a infundibuliforme, con la superficie zonada radialmente, con apariencia esponjosa, de color blanquecino-rosado tornándose pardo-rosado con tonos más pardo-negruzcos y la presencia de gotas de color rojo-sangre que exuda el basidioma en condiciones húmedas. Las basidiosporas son de 5-6.5 x 4-5 µm, subglobosas a ampliamente elipsoides, tuberculadas, de color pardo claro, y las hifas de la trama himenófora son de 3-4 µm de diámetro, de pared delgada, septadas y sin fíbulas.

La caracterización macro y micromorfólogica concuerda con lo citado por Breitenbach y Kränzlin (1986), quienes describieron las basidiosporas ligeramente más pequeñas, de (4.5-)5-6 x 3.5-4.8 µm; mientras que Maas Geesteranus (1975) registró esporas de (5.4-)5.8-6.3 x 3.6-4.5 µm.

Hydnellum ferrugineum puede ser confundida con *H. spongiosipes* (Peck) Pouzar, ya que presenta también este último el exudado de gotas de color rojo-sangre en la superficie del píleo, sin embargo difiere microscópicamente por tener esporas ligeramente más grandes de 5.5-6.5 x 4.5-5.5 µm, y por crecer en bosques de encino (Breitenbach y Kränzlin, 1986).

En México, *H. ferrugineum* se tiene registrada para los estados de Chiapas, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Morelos, Nayarit, Tlaxcala y Veracruz, de acuerdo con Cifuentes (1998). Es una especie ampliamente distribuida, reportada de Norteamérica, norte de África y Europa, considerada como probable ectomicorrizógena (Pegler et al., 1997).

Material estudiado: JALISCO, municipio de San Sebastián del Oeste, camino Real Alto - La Bufa, 5.5 km del pueblo de San Sebastián del Oeste, agosto 1, 2009, *O. Rodríguez 3566* (IBUG).

Hábitat: gregario, en humus de bosque de pino-encino.

Hymenochaete damicornis (Link) Lév.

Se caracteriza por su basidioma estipitado, con píleo flabeliforme a espatulado y la superficie finamente fibrilosa, sulcado-zonada, de color pardo-amarillento a pardo cuero, con margen delgado, ondulado e inciso, más claro que el resto de la

superficie del píleo. Su himenóforo es liso, de color crema-pardo-grisáceo a crema-amarillento hacia el margen. Presenta un estípite lateral, con una o varias ramificaciones, tomentoso, concoloro con la superficie del píleo y cubierto por numerosas setas. Sus basidiosporas son de 6-7 x 4-5 μm, ampliamente elipsoides a elipsoides, hialinas. Se observaron setas con ápice agudo, sin incrustraciones, de color pardo-rojizo a pardo obscuro en el himenio, estípite y superficie del píleo.

Hymenochaete damicornis es uno de los pocos taxa del género en los que siempre se observan esporas de forma abundante, así como la presencia de setas en la superficie del píleo, himenio y estipite (Parmasto, 2001).

Hymenochaete damicornis solo se tenía reportada de los estados de Chiapas, Oaxaca y Veracruz (Marmolejo et al., 1981), aunque se conoce con una amplia distribución en el continente americano, registrada en Norteamérica (México), Centroamérica (Belice, Costa Rica, Guatemala, Honduras, Panamá y El Salvador), Caribe (Cuba, República Dominicana, Guadalupe, Jamaica, Puerto Rico y Trinidad) y para Suramérica (Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Guayana Francesa, Guyana, Paraguay, Perú, Surinam y Venezuela (Parmasto, 2001). No se tiene registrado algún uso o importancia económica.

Material estudiado: JALISCO, municipio de San Sebastián del Oeste, camino Real Alto - La Bufa, 5.5 km del pueblo de San Sebastián del Oeste, agosto 25, 2008, *M. Herrera 1223* (IBUG); municipio de Zapopan, cerro El Tepopote, agosto 13, 2010, *V. Ramírez-Cruz 1359* (IBUG).

Hábitat: solitario, en suelo de bosque de pino-encino, reportada como parásito de raíces.

Pluteus salicinus (Pers.) P. Kumm., Fig. 4.

Especie que se caracteriza por el píleo pequeño de color gris-glauco a pardo-grisáceo, así como por sus cistidios metuloides y una pileipellis de tipo cutis con fíbulas. *P. salicinus* generalmente muestra una coloración azul-verdosa en el basidioma al tacto o maltrato, esto debido a la presencia de psilocibina y psilocina (Saupe, 1981; Stijve y Bonnard, 1986). Microscópicamente se observan fíbulas en la base de algunas estructuras, como los queilocistidios, y cistidios metuloides tipo *cervinus* de pared no muy gruesa, con cuernos regularmente cortos y algo obtusos o bifurcados.

Pluteus salicinus es considerada una especie poco frecuente pero con una amplia distribución, se conoce de Europa, Norteamérica, Asia y norte de África (Breitenbach y Kränzlin, 1995); de México solo se tenía citada del estado de Hidalgo (Rodríguez y Guzmán-Dávalos, 2007). No se tiene reportado algún uso.

Material estudiado: JALISCO, municipio de San Sebastián del Oeste, 50 metros de la entrada al pueblo de San Sebastián del Oeste, agosto 16, 2009, *O. Rodríguez 3649* (IBUG).

Hábitat: gregario, lignícola en un cafetal.

Ramaria araiospora Marr & D. E. Stuntz var. **araiospora**, Fig. 5.

Su basidioma es coraloide, con las ramificaciones dicotómicas hacia las puntas, las cuales tienen un ápice subagudo, con la superficie lisa, de color rosa-rojizo a rosa-coral intenso, decolorándose con la madurez, finalmente el ápice de las ramificaciones se torna de color amarillento y la base rosa-amarillenta. Al microscopio se observan basidiosporas de 8-10 x 3-4 µm, cilíndricas, amarillento-oliváceas, con apículo prominente y depresión suprahilar, ornamentadas con finas verrugas que forman estrías longitudinales pero no continuas.

Por las características macro y micromorfológicas concuerda con la descripción de Castellano et al. (1999), quienes mencionaron que este taxon se distingue de la variedad *rubella* Marr & D. E. Stuntz en presentar el ápice de las ramificaciones rojas cuando en la madurez.

Por la coloración rosa coral intenso a rosa pálido a crema-amarillento del basidioma, *Ramaria subbotritis* var. *intermedia* es uno de los taxa más cercanos a *R. araiospora* var. *araiospora*, de la cual se distingue en los ápices redondeados de sus ramificaciones (Castellano et al., 1999), así como por el tamaño más grande de las esporas (9-12 x 3.5-4(-5) µm) y la forma elipsoide a subfusiforme rugosa (Bandala et al., 1987).

Ramaria araiospora var. *araiospora* se tiene registrada como un hongo comestible, hasta ahora solo conocido para el país del Estado de México (Aguilar-Cruz y Villegas, 2010). Se conoce también del oeste de Estados Unidos (California, Oregon, Washington) (Castellano et al., 1999).

Material estudiado: JALISCO, municipio de San Sebastián del Oeste, camino Real Alto - La Bufa, 5.5 km del pueblo de San Sebastián del Oeste, agosto 25, 2008, *O. Rodríguez 3428* (IBUG); municipio de Tequila, km 8 camino a la Estación de Microondas del Volcán de Tequila, septiembre 25, 2010, *O. Rodríguez 3818-A* (IBUG).

Hábitat: solitario a gregario, en suelo de bosque de pino-encino.

Suillus tomentosus var. **discolor** A. H. Sm., Thiers & Miller

Se caracteriza por presentar el píleo convexo, con la superficie finamente fibrilosa a escamosa, de color crema a pardo-amarillento, con las escamas más

obscuras, de color pardo, y con la superficie víscida. El himenóforo tiene poros angulares, decurrentes, de color amarillo a pardo-amarillento. El contexto se mancha de azul al exponerse. Su estípite es excéntrico, de color amarillento con tonos vináceos hacia la base, con numerosas glándulas de color pardo-rojizo, y con restos de micelio de color rosado en la base. Micromofológicamente tiene basidiospo-



Lámina 1. Figs. 1-5. 1: *Albatrellus caeruleoporus*. 2: *Amanita jacksonii*. 3: *Hydnellum ferrugineum*. 4: *Pluteus salicinus*. 5: *Ramaria araiospora* var. *araiospora* (fotografías de Adrián Galván Corona).

ras de 7.5-9 x 3-4 µm, cilíndricas, pocas con ligera depresión suprahilar, de color pardo-oliváceo a verde-amarillento. Los queilocistidios son claviformes, con contenido granuloso, de color pardo-anaranjado, y muy abundantes. Esta variedad se distingue de la típica por presentar tonos vináceos en la base del estípite y restos de micelio rosado.

Suillus tomentosus var. *discolor* en México ha sido citada de los estados de Chiapas, Guerrero, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Querétaro, Tamaulipas y Veracruz. Se reporta además del oeste de Estados Unidos, distribuida desde el estado de Idaho hasta California. Es considerada como una especie comestible y ectomicorrizógena (García, 1999).

Material estudiado: JALISCO, municipio de Zapotlán El Grande, El Floripondio, faldas del Nevado de Colima, camino a la Estación de Microondas Las Víboras, julio 25, 2008, *O. Rodríguez 3309* (IBUG).

Hábitat: solitario, en suelo de bosque de pino-encino.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Dra. Laura Guzmán-Dávalos, a la M. en C. Jacqueline Reynoso Dueñas y a la Biól. María del Refugio Sánchez-Jácome por la revisión del manuscrito y sus valiosos comentarios. Los autores reconocen el apoyo de la Universidad de Guadalajara, a través de los proyectos P3E 108721 del Cuerpo Académico CA-23 y P3E 109482.

LITERATURA CITADA

Arroyo, K. 2001. Macromicetos de la Barranca del Río Santiago en Zapopan, Jalisco, con un énfasis en la conservación. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México. 50 pp.

Bandala-Muñoz, V., L. Montoya-Bello y G. Guzmán. 1987. Nuevos registros de hongos del estado de Veracruz, III. Descripción de algunos Ascomycetes y Aphyllophorales (con nuevos registros para los estados de Hidalgo, Morelos y Tlaxcala). Rev. Mex. Mic. 3: 51-69.

Breitenbach, J. y F. Kränzlin. 1986. Fungi of Switzerland. Vol. 2. Mykologia Luzern. Lucerna, Suiza. 411 pp.

Breitenbach, J. y F. Kränzlin. 1995. Fungi of Switzerland. Vol. 4. Mykologia Luzern. Lucerna, Suiza. 368 pp.

Breitenbach, J. y F. Kränzlin. 2005. Fungi of Switzerland. Vol. 6. Mykologia Luzern. Lucerna, Suiza. 317 pp.

Castellano, M. A., J. E. Smith, T. O'Dell, E. Cázares y S. Nugent. 1999. Handbook to strategy 1 fungal taxa from the Northwest Forest Plan. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-476. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. Portland, Oregon, USA. 195 pp.

Cifuentes, J. 1998. Distribución y algunos aspectos ecológicos de hongos hidnoides estipitados de México. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Base de datos SNIB-CONABIO proyecto No. H177. México, D.F., México.

Cifuentes, J., M. Villegas y L. Pérez-Ramírez. 1986. Hongos. In: Lot, A. y F. Chang (comp.). Manual de herbario. Consejo Nacional de la Flora de México. México, D.F., México. pp. 55-64.

Fierros, M. L. y L. Guzmán-Dávalos. 1995. Inventario preliminar de los hongos macroscópicos de la Sierra de Quila, Jalisco, México. Boletín IBUG 3(1-3): 129-142.

Gándara, E. 2004. Contribución al conocimiento de la micobiota del municipio de Tapalpa, Jalisco. Tesis profesional. Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México. 96 pp.

García, J. 1999. Estudio sobre la ecología y distribución de algunos hongos de la familia Boletaceae (Basidiomycetes, Agaricales) de México. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León, México. 334 pp.

Garibay-Orijel, R., J. Cifuentes, A. Estrada-Torres y J. Caballero. 2006. People using macro-fungal diversity in Oaxaca, Mexico. Fungal Diversity 21: 41-67.

Guzmán, G. y F. Ramírez-Guillén. 2001. The *Amanita caesarea*-complex. J. Cramer. Berlín, Alemania. 65 pp.

Guzmán-Dávalos, L. 2003. Type studies of *Gymnopilus* (Agaricales) I. Mycotaxon 86: 395-423.

Guzmán-Dávalos, L. y G. Guzmán. 1985. Hongos del estado de Jalisco. V. El género *Scleroderma*. Rev. Mex. Mic. 1: 109-128.

Guzmán-Dávalos, L. y G. Guzmán. 1986. Hongos del estado de Jalisco, VII. El género *Gymnopilus* (Cortinariaceae). Rev. Mex. Mic. 2: 157-185.

Guzmán-Dávalos, L. y G. Guzmán. 1991. Additions to the genus *Gymnopilus* (Agaricales, Cortinariaceae) from Mexico. Mycotaxon 61: 43-56.

Guzmán-Dávalos, L., M. Herrera, B. E. Cardona y Y. Saldarriaga. 2006. *Gymnopilus tuxtlensis* (Basidiomycetes, Agaricales), especie tropical conocida de México y América del Sur. Acta Bot. Mex. 76: 67-75.

Herrera-Fonseca, M., L. Guzmán-Dávalos y O. Rodríguez. 2002. Contribución al conocimiento de la micobiota de la región de San Sebastián del Oeste, Jalisco, México. Acta Bot. Mex. 58: 19-50.

Largent, D., D. Johnson y R. Watling. 1977. How to identify mushrooms to genus III: Microscopic features. Mad River Press Inc. Eureka, California, USA. 148 pp.

Marmolejo, J. G., J. Castillo y G. Guzmán. 1981. Descripción de las especies de teleforáceos, poco conocidas en México. Bol. Soc. Mex. Mic. 15: 9-66.

Maas Geesteranus, R. A. 1975. The terrestrial hydnums of Europe. Verh. Kon. Ned. Akad. Wetensch. Afd. Natuurk. 65: 81-127.

Nieves, G. 1985. Contribución al conocimiento de los macromicetos del Bosque La Primavera, Zapopan, Jalisco. Tesis profesional. Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México. 74 pp.

Oliva, M. 2000. Contribución al conocimiento de los hongos (macromicetos) de la Laguna de Sayula. Tesis profesional. Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México. 43 pp.

Parmasto, E. 2001. Hymenochaetoid fungi (Basidiomycota) of North America. Mycotaxon 79: 107-176.

Pegler, D. N. 1986. Agaric flora of Sri Lanka. Kew Bulletin Aditional Series XII. Her Majesty's Stationery Office. Londres, UK. 519 pp.

Pegler, D. N., P. J. Roberts y B. M. Spooner. 1997. British Chanterelles and tooth-fungi. An account of the British cantharelloid and stipitate hydnoid fungi. Royal Botanic Gardens. Kew, UK. 114 pp.

Rodríguez, O. 1998. Avances en el conocimiento del género *Pluteus* (Fungi, Agaricales) en Nueva Galicia, México. Boletín IBUG 5(1-3): 87-93.

Rodríguez, O., M. Garza y L. Guzmán-Dávalos. 1994. Inventario preliminar de los hongos del Volcán de Tequila, estado de Jalisco, México. Rev. Mex. Mic. 10: 103-111.

Rodríguez, O., O. Vargas y L. Guzmán-Dávalos. 1997. New reports of the genus *Pluteus* (Agaricales) from Mexico. Mycotaxon 61: 473-480.

Rodríguez, O. y L. Guzmán-Dávalos. 2000 (como 1999). Algunas especies del género *Pluteus* (Pluteaceae, Agaricales) citadas en Nueva Galicia, México. Boletín IBUG 7(1-3): 61-77.

Rodríguez, O. y L. Guzmán-Dávalos. 2001. Clave dicotómica de las especies del género *Pluteus* Fr. (Pluteaceae) conocidas de la región de la Nueva Galicia y algunas áreas aledañas de México. Acta Bot. Mex. 57: 23-36.

Rodríguez, O. y L. Guzmán-Dávalos. 2007. Nuevos registros de *Pluteus* Fr. (Basidiomycetes, Agaricales, Pluteaceae) en México. Acta Bot. Mex. 80: 21-39.

Saupe, S. G. 1981. Ocurrence of psilocybin/psilocin in *Pluteus salicinus* (Pluteaceae). Mycologia 73: 781-784.

Stijve, T. y J. Bonnard. 1986. Psilocybine et urée dans le genre *Pluteus*. Mycol. Helv. 2: 123-120.

Sultana, K., G. Misbah, S. Siddiqa Firdous y R. Asghar. 2007. Hymenomycetes from Multan District. Pak. J. Bot. 39(2): 651-657.

Téllez, C., L. Guzmán-Dávalos y G. Guzmán. 1988. Contribución al conocimiento de los hongos de la Reserva de la Biosfera de la Sierra de Manantlán, Jalisco. Rev. Mex. Mic. 4: 123-130.

Torres-Torres, M. G. y L. Guzmán-Dávalos. 2008. Taxonomic status and new localities for *Ganoderma ravenelii*. Mycotaxon 103: 33-40.

Valenzuela R., R. Nava y J. Cifuentes. 1994. El género *Albatrellus* en México I. Rev. Mex. Mic. 10: 113-152.

Vázquez, L. S. y L. Guzmán-Dávalos. 1988. Algunas especies de hongos de la Barranca de Huentitán, estado de Jalisco. Rev. Mex. Mic. 4: 45-88.

Vázquez, L. S. y L. Guzmán-Dávalos. 1991. Los hongos del género *Volvariella* (Agaricales, Basidiomycetes) conocidos en Jalisco. Boletín IBUG 1(1): 15-22.

Vellinga, E. C. 1990. Pluteaceae. In: Bas, C., T. H. Kuyper, M. E. Noordeloos y E. C. Vellinga (eds.). Flora Agaricina Neerlandica. Vol. 2. A. A. Balkema. Rotterdam, Holanda. 137 pp.

Recibido en abril de 2011.

Aceptado en abril de 2013.

ANEXO

Lista de especies que se registran por primera vez para Jalisco; se anotan los especímenes estudiados, la localidad, número de colección, fecha y herbario.

BASIDIOMYCOTA
AGARICALES
Amanitaceae
Amanita jacksonii Pomerl. *O. Rodríguez 3349*, loc. 1, 27-VII-2008, IBUG.
A. ponderosa Malecon & R. Heim. *L. Guzmán-Dávalos 1618*, loc. 2, 11-VIII-1984, IBUG.
Psathyrellaceae
Psathyrella delineata (Peck) A.H. Sm. *L. Guzmán-Dávalos 3904*, loc. 1, 2-VII-1984, IBUG.
Inocybaceae
Inocybe geophylla var. ***alba*** Gillet. *L. Guzmán-Dávalos 3070*, loc. 4, 1-VII-1986, IBUG.
Hygrophoraceae
Hygrocybe cantharellus (Schwein.) Murrill. *L.M. González-Villarreal 4492*, loc. 1, 28-VII-1992, IBUG.
Agaricaceae
Coprinus patouillardii Quél. *L. Guzmán-Dávalos 3091* loc. 5, 1-VII-1986, IBUG.
Lycoperdon molle Pers. *A. Loeza 503*, loc. 1, 28-VIII-1985, IBUG; *J.C. Uribe 18*, loc. 2, 14-VII-1987, IBUG.
Pluteaceae
Pluteus salicinus (Pers.) P. Kumm. *O. Rodríguez 3649*, loc. 6, 16-VIII-2009, IBUG.
Marasmiaceae
Marasmius plicatulus Peck. *M.R. Sánchez-Jácome 893*, loc. 7, 16-IX-1995, IBUG.
Trogia buccinalis (Mont.) Pat. *M. Herrera 377*, loc. 8, 16-VIII-1998, IBUG.
Suillaceae
Suillus tomentosus* var. *discolor A.H. Sm., Thiers & Miller. *O. Rodríguez 3309*, loc. 9, 25-VII-2008, IBUG.
CANTHARELLALES
Albatrellaceae
Albatrellus caeruleoporus (Peck) Pouzar. *E. Horak 13130*, loc. 10, 28-VII-2008, IBUG, ZT.
GOMPHALES
Gomphaceae
Ramaria araiospora Marr & D.E. Stuntz var. ***araiospora.*** *O. Rodríguez 3428*, loc. 10, 25-VIII-2008, IBUG*; O. Rodríguez 3818-A*, loc. 11, 25-IX-2010, IBUG.
HYMENOCHAETALES
Hymenochaetaceae
Hymenochaete damicornis (Link) Lév. *M. Herrera 1223*, loc. 10, 25-VIII-2008, IBUG; V. Ramírez-Cruz 1359, loc. 12, 29-VIII-2010, IBUG.
H. rubiginosa (Dicks.) Lév. *M. Herrera 1212*, loc. 10, 25-VIII-2008, IBUG.
Phylloporia spathulata (Hook.) Ryvarden. *L. Guzmán-Dávalos 7402*, loc. 8, 16-VIII-1998, IBUG.

Anexo. Continuación.

POLYPORALES
Fomitopsidaceae
Fomitopsis pinicola (Sw.) P. Karst. *M.R. Sánchez-Jácome 950*, loc. 9, 7-IX-1996, IBUG.
Hydnaceae
Sistotrema confluens Pers. *O. Rodríguez 1394*, loc. 13, 16-IX-1995, IBUG.
THELEPHORALES
Bankeraceae
Hydnellum ferrugineum (Fr.) P. Karst. *O. Rodríguez 3566*, loc. 10, 1-VIII-2009, IBUG.
CORTICIALES
Corticiaceae
Tremellodendron candidum (Schwein.) G.F. Atk. *O. Rodríguez 1336*, loc. 13, 14-IX-1995, IBUG.
RUSSULALES
Russulaceae
Lactarius yazooensis Hesler & A.H. Sm. *O. Rodríguez 3712*, loc. 14, 25-IX-2009, IBUG.
L. lacteolutescens Montoya, Bandala & G. Moreno. *O. Rodríguez 3709*, loc. 14, 25-IX-2009, IBUG.
Russula pectinatoides Peck *O. Rodríguez 3711*, loc. 14, 25-IX-2009, IBUG.

Acta Botanica Mexicana 105: 59-85 (2013)

LOS FENOLES DEL POLEN DEL GÉNERO *ZEA*

NORMA ALMARAZ-ABARCA[1,5], DIANA MARÍA RIVERA-RODRÍGUEZ[1], DAVID ARRÁEZ-ROMÁN[2,3], ANTONIO SEGURA-CARRETERO[2,3], JOSÉ DE JESÚS SÁNCHEZ-GONZÁLEZ[4], AMANDA DELGADO-ALVARADO[1], JOSÉ ANTONIO ÁVILA-REYES[1]

[1]Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango, Sigma 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II, 34220 Durango, Durango, México.
[2]Universidad de Granada, Facultad de Ciencias, Departamento de Química Analítica, Avenida Fuente nueva s/n, 18071 Granada, España.
[3]Centro de Investigación y Desarrollo del Alimento Funcional, Parque Tecnológico de Ciencias de la Salud, Avenida del Conocimiento 3, 18100 Granada, España.
[4]Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, km 15.5 Carretera a Nogales, 45101 Zapopan, Jalisco, México.
[5]Autor para la correspondencia: nalmaraz@ip.mx; noralab@yahoo.com

RESUMEN

Se analizó la variabilidad de la composición fenólica del polen de 32 poblaciones de *Zea mays* subsp. *mexicana*, *Zea mays* subsp. *parviglumis*, *Zea mays* subsp. *mays, Zea diploperennis*, *Zea perennis* y *Zea luxurians* de México y Guatemala. Los perfiles se obtuvieron por cromatografía líquida de alta presión con detector de arreglo de diodos (HPLC-DAD) y cromatografía líquida de ultra resolución acoplada a espectrómetro de masas de tiempo de vuelo (UPLC-TOF-MS). Se encontró un total de 23 compuestos fenólicos (cuatro ácidos fenólicos, 16 flavonoles y tres dihidroflavonoides). Los derivados glicósidos de quercetina (siete derivados, además de la quercetina aglicona misma) fueron las substancias predominantes en todos los analisis realizados. El compuesto principal, el más abundante y presente en la totalidad de las muestras, incluido el maíz, se identificó como quercetina-3,3'-*O*-diglucósido. El polen de todas las especies y subespecies de *Zea* analizadas mostraron patrones muy similares de fenoles acumulados; sin embargo, diferencias en los compuestos menores (ácidos fenólicos y dihidroflavonoides) permitieron discernir variaciones inter e intraespecíficas, aunque la división del género en las dos secciones *Luxuriantes* y *Zea* no fue claramente sustentada. La baja variación de los perfiles fenólicos del polen dentro del género *Zea* apoya la propuesta de que el maíz y

algunos teocintles son grupos conespecíficos, e indica que la composición fenólica del polen fue altamente conservada en los diferentes taxa de *Zea* a lo largo del tiempo.

Palabras clave: ácidos fenólicos, flavonoides, género *Zea*, polen, teocintle.

ABSTRACT

The variability of the pollen phenol composition of 32 populations of *Zea mays* subsp. *mexicana*, *Zea mays* subsp. *parviglumis*, *Zea mays* subsp. *mays, Zea diploperennis*, *Zea perennis*, and *Zea luxurians* from Mexico and Guatemala were analyzed. The phenol profiles were assessed by HPLC-DAD, and UPLC-TOF-MS. A total of 23 phenolics (four phenolic acids, 16 flavonols, and three dihydroflavonoids) were found. Quercetin glycosides (seven derivatives besides the quercetin aglycone itself) were the predominant compounds in the pollen of all analyzed species and subspecies. The major compound in all the samples, including the pollen of maize, was identified as quercetin-3,3'-*O*-diglucoside. The pollen of all the species and subspecies of *Zea* examined showed very similar patterns of accumulated phenols; however, variation in the minor compounds (phenolic acids and dihydroflavonoids) allowed to discern some inter- and intraspecific variations, although the split of *Zea* in the sections *Luxuriantes* and *Zea* was not clearly supported. The low level of variability of the pollen phenol profiles throughout the genus *Zea* supports the proposal that maize and some teosintes are conspecific groups, and indicates that the pollen phenol composition is highly conserved in the different taxa of *Zea*.

Key words: flavonoids, genus *Zea*, phenolic acids, pollen, teosinte.

INTRODUCCIÓN

El género *Zea* es nativo de México (Sánchez et al., 2000). De acuerdo con Sánchez et al. (2011), el mismo está formado por ocho taxa agrupados en dos secciones, cinco especies y cuatro subespecies. La sección *Luxuriantes* Doebley & Iltis incluye a *Zea perennis* (Hitchc.) Reeves & Mangelsdorf, *Zea diploperennis* Iltis, Doebley & Guzmán, *Zea luxurians* (Durieu & Ascherson) Bird y *Zea nicaraguensis* Iltis & Benz). La sección *Zea* la forman *Zea mays* subsp. *mexicana* (Schrader) Iltis, *Zea mays* subsp. *parviglumis* Iltis & Doebley, *Zea mays* subsp. *huehuetenangensis* (Iltis & Doebley) Doebley y *Zea mays* subsp. *mays*.

El único componente cultivado del género, *Zea mays* subsp. *mays*, incluye todas las razas y variedades de maíz; todos los demás taxa son colectivamente llamados teocintles (Fig. 1). Dentro de *Zea mays* subsp. *mexicana* se reconocen cuatro razas: Chalco, Mesa Central, Durango y Nobogame. La raza Balsas es la única considerada dentro de *Zea mays* subsp. *parviglumis* (Doebley, 1990). Nuevas poblaciones de teocintles, que requieren ser ubicadas taxonómicamente, se siguen descubriendo en México y Centro América (Iltis y Benz, 2000; Sánchez et al., 2011).

Los teocintles han tenido una importante influencia en el origen y variabilidad del maíz en la República Mexicana (Wilkes, 2004), y contienen germoplasma valioso para el desarrollo de nuevas variedades de ese cereal, principalmente aquellas tolerantes a enfermedades y estrés ambiental (Nault y Findley, 1981; Cohen y Galinat, 1984). En algunas regiones del país son importantes como forraje, debido a su calidad nutricional, su potencial de producción y sus mecanismos de dispersión y establecimiento (Sánchez-González et al., 1998).

Los flavonoides y los ácidos fenólicos son compuestos sintetizados en prácticamente todos los tejidos de las plantas. El polen es una fuente importante de flavonoles glicósidos y de ácidos fenólicos (Wiermann y Vieth, 1983; Campos, 1997; Almaraz-Abarca et al., 2007). Los perfiles de esas dos clases de compuestos varían entre diferentes grupos de plantas con una tendencia de ser caracteristicos para cada



Fig. 1. Dos especies de teocintles, A: *Zea mays* subsp. *parviglumis* y B: *Zea diploperennis*, mostrando las inflorescencias masculinas.

especie (Campos et al., 1997; Fiasson et al., 1997; Campos et al., 2002; Almaraz-Abarca et al., 2004, 2006, 2008).

Los flavonoides y los ácidos fenólicos desempeñan importantes y diversas funciones en las plantas, tales como la protección de los tejidos vegetales contra el daño potencial de la radiación UV (Casati y Walbot, 2003) y contra herbívoros (Lee et al., 1998). Muchos de esos compuestos tienen valiosas propiedades biológicas con implicaciones médicas (Zhang y Cui, 2005).

Los esfuerzos enfocados en determinar la composición fenólica del polen de las especies de *Zea* han sido escasos, solamente algunos tipos de maíz (*Zea mays* subsp. *mays*) han sido estudiados en ese sentido. Redemann y sus colaboradores en 1950 (Larson y Lonergan, 1972) y más tarde Ceska y Styles (1984) determinaron la composición fenólica del polen de maíz y mencionaron la presencia de quercitrina. Ceska y Styles (1984) además reportaron otros ocho derivados glicósidos de quercetina e isoramnetina, sólo un derivado glicósido de canferol (canferol 3-*O*-glucósido), este último presente en trazas, y resaltaron la ausencia de flavonas en el polen de maíz. En el presente trabajo se determinó, por cromatografía líquida de alta presión, con detector de arreglo de diodos (HPLC-DAD) y cromatografía líquida de ultra presión acoplada a espectrometría de masas de tiempo de vuelo (UPLC-TOF-MS), la variabilidad de la composición de flavonoides y ácidos fenólicos del polen de *Zea mays* subsp. *mexicana*, *Zea mays* subs. *parviglumis*, *Zea mays* subsp. *mays*, *Zea diploperennis*, *Zea perennis* y *Zea luxurians* de México y Guatemala. Se presentan las implicaciones taxonómicas de la variación de los perfiles fenólicos y la importancia del polen de las especies de *Zea* como fuente de flavonoides.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

El material genético incluido en el presente estudio consistió de 32 poblaciones de *Zea mays* subsp. *mexicana*, *Zea mays* subsp. *parviglumis*, *Zea mays* subsp. *mays*, *Zea diploperennis*, *Zea perennis* y *Zea luxurians* de México y Guatemala. En el año 2011 se cultivaron diez plantas de cada población bajo condiciones de invernadero en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Durango (CIIDIR IPN Durango), en Durango, México. Las semillas, excepto las de *Zea mays* subsp. *mays* (de una variedad criolla, proporcionadas por un productor de Durango, México), fueron donadas por el Banco de Germoplasma de la Universidad de Guada-

lajara, Jalisco. La información geográfica de todas las poblaciones estudiadas se presenta en el Cuadro 1.

Preparación de las muestras

Las muestras de polen se colectaron directamente de las anteras de 10 plantas adultas de cada una de las 32 poblaciones. El polen de las 10 plantas de una misma población se combinó y se analizó de manera independiente. El polen colectado se almacenó a -20 °C hasta su uso.

Reactivos químicos

El acetonitrilo (grado HPLC), agua (grado HPLC), etanol (grado HPLC) y acetato de etilo (grado analítico) se compraron a J. T. Baker (Xalostoc, México). El ácido acético, hidróxido de sodio, 2-propanol, quercetina, quercitrina (quercetin-3-ramnosido), canferol-3-glucósido, y ácido caféico se adquirieron de Sigma-Aldrich (St. Louis, Mo, USA). El canferol-3,7-*O*-diglucósido, quercetina-3-*O*-[ramnosil-(1-6) galactósido], canferol-3-*O*-[ramnosil (1-6) glucósido] se consiguieron en Apin Chemicals Limited (UK).

Preparación de extractos fenólicos

Los extractos fenólicos de polen se prepararon de acuerdo con la técnica de Markham y Campos (1996), combinando 100 mg de polen con 1 mL de una solución de etanol a 50% (v/v) y sonicando durante 60 min. Las mezclas resultantes se centrifugaron a 5000 rpm durante 10 min. Las alícuotas de los sobrenadantes se usaron para los análisis de HPLC-DAD y UPLC-TOF-MS.

Análisis de HPLC-DAD

Los perfiles de HPLC-DAD de flavonoides y ácidos fenólicos se determinaron de acuerdo al protocolo descrito por Campos y Markham (2007). Las alícuotas (100 μL) de cada muestra se analizaron en un equipo HPLC Perkin Elmer Series 200 HPLC y una columna Perkin Elmer Brownlee Validated C18 (4.6 x 250 mm, 5 μm). El solvente A fue agua acidificada (ajustada a pH 2.5 con ácido ortofosfórico) y el solvente B fue acetonitrilo, mezclados de acuerdo con el siguiente gradiente lineal: iniciando con 100% de A, disminuyendo a 91% a los 12 min, a 87% a los 20, a 67% a los 32 y a 57% a los 42 min, y manteniendo ese nivel hasta completar 60 min de análisis. La velocidad de flujo fue de 0.8 mL/min, a temperatura ambiente. Los cromatogramas se registraron a 260 y 340 nm. Los datos espectrales para todos los picos se registraron en el intervalo de 220 a 400 nm, usando un detector de arreglo de diodos (Perkin Elmer Series 200). La

información estructural se obtuvo por comparación directa de los tiempos de retención y los espectros UV, de cada compuesto resuelto en los cromatogramas con los correspondientes a los compuestos de referencia, y por comparación de esos parámetros con la información compilada por Mabry et al. (1970) y Campos y Markham (2007).

Análisis de UPLC-TOF-MS

Estos análisis se realizaron en un sistema Waters Acquity UPLC (Waters, Millford, MA). Se usó una columna Zorbax Eclipse Plus C18 (1.8 μm, 150 × 4.6 mm) UPLC. La separación de los compuestos se realizó a 25 ºC, con un programa de elución en gradiente, y una velocidad de flujo de 0.8 mL/min. El volumen de inyección fue de 10 μL. La fase móvil consistió de agua y ácido acético (15%) como solvente A, y acetonitrilo como solvente B. Se aplicó el siguiente gradiente lineal: 0 min, 5% de B; 10 min, 30% de B; 12 min, 33% de B; 17 min, 38% de B; 20 min, 50% de B; 23 min, 95% de B; y 25 min, 5% de B. Las condiciones iniciales se mantuvieron durante 10 min más.

El sistema UPLC estuvo acoplado a un espectrómetro de masas de tiempo de vuelo (micrOTOF™, Bruker Daltonics GmbH, Bremen, Alemania), equipado con una interfase ESI modelo G1607A (Agilent Technologies), operando en modo ión negativo. En ese estado se requirió un "splitter" tipo T (split = 1:3) para el acoplamiento con el detector de masas cuando el flujo en el detector TOF fue de 0.2 mL/min para lograr resultados reproducibles y aspersión estable. Así, en el presente estudio el flujo que llegó al detector ESI-TOF-MS fue de 0.2 mL/min. Los valores óptimos de los parámetros de fuente fueron los siguientes: voltaje capilar, +4 kV; temperatura de secado de gas, 210 °C; flujo de gas, 8 L/min; presión de gas nebulizante, 2 bar; "end-plate offset", -0.5 kV. Las condiciones de transferencia fueron: salida capilar, -120 V; "skimmer" 1, -40 V; hexapolo 1, - 23 V; RF hexapolo, 50 Vpp; "skimmer" 2, -22.5 V. Los parámetros de fuente y transferencia se optimizaron para asegurar buena sensibilidad, alcanzar una resolución razonable en el intervalo de masas de los compuestos blanco (50-1100 *m/z*) y mejorar el comportamiento de la ionización.

La calibración externa del espectrómetro de masas se llevó a cabo con una solución conteniendo hidróxido de sodio 5 mM en agua/2-propanol (1/1, v/v), con ácido acético a 0.2%, en modo de regresión cuadrática de calibración de alta precisión (HPC). Con este método se logró una curva de calibración exacta basada en diversos grupos (clusters) de masas, cada una difiriendo en 82 Da ($C_2H_3NaO_2$). La solución de calibración se inyectó al inicio del análisis usando una bomba Cole Palmer (Vernon Hills, Illinois, USA) y todos los espectros se calibraron antes de la caracterización de fenoles. Los datos de masa exacta para los iones moleculares

se procesaron con el programa Data Analysis 4.0 (Bruker Daltonics, Bremen, Alemania), el cual proporcionó una lista de fórmulas elementales posibles, usando el editor Generate Molecular Formula^{TM}. Ese editor se basa en un algoritmo CHNO que proporciona funcionalidades estándares tales como intervalo elemental mínimo/máximo, equivalentes anillo y doble enlace, y una comparación sofisticada de patrón teórico y medido de isótopos (valor mSigma) para incrementar la confianza en la fórmula molecular sugerida. De acuerdo con la literatura, el nivel aceptado de umbral de exactitud para confirmar la composición elemental se estableció en 5 ppm para la mayoría de los compuestos (Gross, 2010).

Análisis de datos

Los perfiles fenólicos individuales se construyeron con todos los compuestos presentes en los cromatogramas HPLC-DAD y UPLC-TOF-MS; cada uno se consideró como un carácter químico individual y con ellos se construyó una matriz binaria de presencia (1)-ausencia (0). Se generó una matriz de distancias entre poblaciones, basada en el coeficiente de disimilitud de Jaccard, y un análisis de agrupamiento, usando el método de incremento en la suma de cuadrados (Clustan Graphics 8). El número óptimo de grupos (clusters) se estimó usando el procedimiento de validación de árbol, por medio de permutación aleatoria de datos originales, que compara un árbol obtenido por un juego de datos con la familia de árboles generados por permutación aleatoria del mismo juego de datos (Wishart, 2006).

Cuadro 1. Información geográfica de las especies, subespecies y poblaciones de *Zea* analizadas en el presente estudio, todas originarias de México, excepto *Z. luxurians*, que fue de Guatemala.

Especie	Localidad	Latitud (N)	Longitud (O)	Altitud (m)	Número de población	Año de colecta
Z. mays subsp. *mexicana*, raza Chalco	Chapultepec, Estado de México	19°12'12"	99°34' 3"	2602	615	2007
Z. mays subsp. *mexicana*, raza Chalco	km 1 Aljojuca-Santa María Coatepec, Aljojuca, Puebla	19°5'51"	97°33'6"	2437	623	2007
Z. mays subsp. *mexicana*, raza Chalco	San Antonio Zoyatzingo, Amecameca, Estado de México	19°4'54"	98°46'35"	2468	635	2007

Cuadro 1. Continuación.

Especie	Localidad	Latitud (N)	Longitud (O)	Altitud (m)	Número de población	Año de colecta
Z. mays subsp. *mexicana*, raza Chalco	Miraflores-La Candelaria Tlapala, Chalco, Estado de México	19°13'57"	98°50'3"	2280	638	2007
Z. mays subsp. *mexicana,* raza Central Plateau	Cerro Churintzio, Churintzio, Michoacán	20°9'25"	102°3'35"	1949	426	2002
Z. mays subsp. *mexicana,* raza Central Plateau	Uriangato, Uriangato, Guanajuato	20°10'8"	101°9'22"	1880	447	2002
Z. mays subsp. *mexicana,* raza Central Plateau	San Agustín del Maíz, Copándaro, Michoacán	19°53'27"	101°10'46"	1855	450	2002
Z. mays subsp. *mexicana,* raza Central Plateau	Potrero El Tepalcate, Nombre de Dios, Durango	24°2'32"	104°16'47"	1870	705	2009
Z. mays subsp. *mexicana,* raza Central Plateau	Puente Gavilanes, Durango, Durango	24°1'12"	104°29'16"	1868	710	2009
Z. mays subsp. *mexicana*, raza Nobogame	Arroyo Tarahumares, Guadalupe y Calvo, Chihuahua	26°12'58"	106°56'33"	1928	607	2007
Z. mays subsp. *parviglumis*, raza Balsas	San Lorenzo, Ejutla, Jalisco	19°57'6"	103°59'3"	1000	201	2007
Z. mays subsp. *parviglumis*, raza Balsas	El Rodeo, Tolimán, Jalisco	19°33'0"	104°3'0"	1462	232	2007
Z. mays subsp. *parviglumis*, raza Balsas	Amatlán de Quetzalcoatl, Tepoztlán, Morelos	18°58'30"	99°1'49"	1654	474	2003
Z. mays subsp. *parviglumis*, raza Balsas	San Cristobal Honduras, Oaxaca	16°19'26"	97°1'57"	590	483	2003
Z. mays subsp. *parviglumis*, raza Balsas	Puerto de La Cruz, Carácuaro, Michoacán	18°57'47"	101°3'27"	870	517	2003

Cuadro 1. Continuación.

Especie	Localidad	Latitud (N)	Longitud (O)	Altitud (m)	Número de población	Año de colecta
Z. mays subsp. *parviglumis*, raza Balsas	Los Cimientos, Villa Purificación, Jalisco	19°42'15"	104°49'8"	552	546	2003
Z. mays subsp. *parviglumis*, raza Balsas	Plan de los Timbres, Huitzuco de los Figueroa, Guerrero	18°15'9"	99°14'1"	1183	643	2007
Z. mays subsp. *parviglumis*, raza Balsas	Vista Hermosa, Olinalá, Guerrero	17°45'37"	98°46'28"	1580	646	2007
Z. mays subsp. *parviglumis*, raza Balsas	Camino Vista Hermosa-Colotlipa, Quechultenango, Guerrero	17°26'16"	99°12'5"	945	650	2007
Z. mays subsp. *parviglumis*, raza Balsas	El Rincón, Chilpancingo de los Bravo, Guerrero	17°17'13"	99°28'59"	740	654	2007
Z. mays subsp. *parviglumis*, raza Balsas	El Salado, Mochitlán, Guerrero	17°23'48"	99°26'12"	1150	657	2007
Z. mays subsp. *parviglumis*, raza Balsas	Zacatlancillo, Teloloapan, Guerrero	18°25'0"	99°58'3"	1746	661	2007
Z. mays subsp. *parviglumis*, raza Balsas	Ixcateopan, Guerrero	18°30'16"	99°47'4"	1891	666	2007
Z. mays subsp. *parviglumis*, raza Balsas	Oxtotitlán, Teloloapan, Guerrero	18°10'41"	99°56'00"	1098	669	2007
Z. mays subsp. *parviglumis*, raza Balsas	Huixtitla, Amatepec, Estado de México	18°38'26"	100°21'24"	1008	674	2007
Z. mays subsp. *parviglumis*, raza Balsas	km 109 Tejupilco-Altamirano, Michoacán	18°53'41"	100°12'32"	1357	679	2007

Cuadro 1. Continuación.

Especie	Localidad	Latitud (N)	Longitud (O)	Altitud (m)	Número de población	Año de colecta
Z. mays subsp. *parviglumis*, raza Balsas	Quechendio, Huetamo, Michoacán	18°48'18"	100°56'46"	631	684	2007
Zea diploperennis	Las Joyas, Cuautitlán de García B., Jalisco	19°35'26"	104°16'41"	1870	551	2003
Zea diploperennis	San Andrés Milpillas, Huajicori, Nayarit	22°51'26"	105°6'57"	1400	692	2008
Zea luxurians	km 162 Agua Blanca-Ipala, Agua Blanca, Jutiapa	14°31'32"	89°39'45"	895	G3	2004
Zea perennis	Piedra Ancha, San Gabriel, Jalisco	19°38'7"	103°34'47"	2140	694	2008

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición fenólica del polen

Un total de 23 compuestos se resolvieron por los análisis de HPLC-DAD y UPLC-TOF-MS, de acuerdo con sus tiempos de retención (TR), las características de sus espectros UV, los datos de sus espectros de masas, y los datos proporcionados por las compilaciones de Mabry et al. (1970) y Campos y Markham (2007). En el Cuadro 2 se muestran los TR_1 y datos espectrales UV del análisis de HPLC-DAD, y en el Cuadro 3 los TR_2 y datos de los espectros de masas obtenidos del análisis de UPLC-TOF-MS.

Las estructuras propuestas de los compuestos resueltos por UPLC-TOF-MS se muestran en las Figs. 2 y 3. El análisis reveló cuatro ácidos fenólicos, saflomina A (**9**) (Iswaldi et al., 2011), ácido ferúlico (**14**) (Gardana et al., 2007), y dos compuestos no identificados (**22** y **23**); 16 flavonoles, determinados como quercetina-3,7-*O*-di-glucósido (**1**) (Vallejo at al., 2004), quercetina-3-*O*-arabinosilglucósido (**2**), quercetina-3-soforósido-7-glucósido (**3**) (Rochfort et al., 2006), quercetina-3,3'-*O*-diglucósido (**4**) (Morikawa et al., 2009), isoramnetina-3-*O*-gentobiósido (**5**) (Dahia et al., 2009), un flavonol glicósido no identificado (**6**), quercetina-3-*O*-ramnoglucósido (**7**), canferol-3-*O*-β-ramnoglucósido (**8**), isoramnetina-3-*O*-β-ramnoglucósido (**10**),

Cuadro 2. Descripción de los compuestos fenólicos encontrados por el análisis de HPLC-DAD en los extractos de polen de 32 poblaciones de *Zea*.

Número de compuesto	TR_1 (X±SD)	λmax (nm)	Tipo de compuesto	Presencia
1	27.800±0.273	256, 268sh, 355	Flavonol glicósido	Todos los taxa
2	28.176±0.250	255, 268sh, 354	Flavonol glicósido	Subsp. *parviglumis*, subsp. *mexicana*, *Z. luxurians*, maíz
3	31.465±0.250	250sh, 266, 345	Flavonol glicósido	Todos los taxa
4	33.353±0.200	253sh, 267, 345	Flavonol glicósido	Todos los taxa
5	34.142±0.170	253, 266, 346	Flavonol glicósido	Todos los taxa
6	34.412±0.171	254, 267, 349	Flavonol glicósido	Algunas poblaciones de subsp. *parviglumis* y subsp. *mexicana*
7	35.259±0.174	255, 266sh, 296sh, 354	Flavonol glicósido	Todos los taxa
8	37.102±0.102	266, 300sh, 350	Flavonol glicósido	*Z. luxurians*, maíz, algunas poblaciones de subsp. *mexicana* y subsp. *parviglumis*
9	36.025±0.000	243sh, 268sh, 290sh, 322	Ácido fenólico	*Z. perennis*
10	37.246±0.125	254, 269sh, 298sh, 354	Flavonol glicósido	Todos los taxa
11	37.369±0.083	254, 268sh, 295sh, 354	Flavonol glicósido	*Z. diploperennis*
12	37.876±0.195	255, 266sh, 297sh, 355	Flavonol glicósido	Todos los taxa
13	38.756±0.000	254, 269sh, 294sh, 355	Flavonol glicósido	*Z. diploperennis*
14	39.34±0.000	243sh, 268sh, 293sh, 325	Ácido fenólico	*Z. perennis*
15	40.19±0.000	254, 264sh, 293sh, 348	Flavonol glicósido	*Z. diploperennis* y *Z. luxurians*
16	40.704±0.000	255, 267sh, 296sh, 355	Flavonol glicósido	*Z. perennis*, una población de subsp. *parviglumis*

Cuadro 2. Continuación.

Número de compuesto	TR_1 (X±SD)	λmax (nm)	Tipo de compuesto	Presencia
17	45.356±0.274	255sh, 272, 340	Flavonol glicósido	Algunas poblaciones de subsp. *parviglumis*, subsp. *mexicana*, *Z. diploperennis*
18	48.785±0.000	255, 270sh, 300sh, 372	Flavonol	*Z. diploperennis* *Z. perennis*
19	54.558±0.273	288, 330sh	Dihidroflavonoide	*Z. diploperennis*
20	56.082±0.022	286, 353sh	Dihidroflavonoide	Una población de subsp. *parviglumis*
21	56.621±0.103	287, 338sh	Dihidroflavonoide	Algunas poblaciones de subsp. *parviglumis*, algunas poblaciones de subsp. *mexicana*, *Z. luxurians*
22	56.818±0.106	249sh, 296sh, 328	Ácido fenólico	Algunas poblaciones de subsp. *parviglumis*, algunas poblaciones de subsp. *mexicana*
23	61.436±0.173	246sh, 295sh, 327	Ácido fenólico	Algunas poblaciones de subsp. *parviglumis*, algunas poblaciones de subsp. *mexicana*

6-metoxiquercetina (**11**) (Zhang et al., 2007), quercetina-3-*O*-galactósido (**12**) (Hiroaka et al., 1987), quercetina-3-α-L-arabinofuranósido (**13**) (Schieber et al., 2003), quercetina-ramnósido (**15**) (Ferracane et al., 2010), isoramnetina-3-*O*-D-glucósido (**16**) (Dahia et al., 2009), un flavonol glicósido no identificado (**17**), y quercetina (**18**) (Tao et al., 2011); y tres dihidroflavonoides, naringenina (**19**) (Tao et al., 2011), y dos no determinados (**20 y 21**). Entre los flavonoles, los derivados glicósidos de quercetina fueron los compuestos fenólicos más comunes y abundantes en el polen de todas las especies y subespecies analizadas de *Zea*. El compuesto principal (el encontrado a mayor concentración) en todas las muestras fue **4** (quercetina-3,3'-*O*-diglucósido). El único derivado de canferol (**8**) (canferol-3-*O*-β-ramnoglucósido) se encontró en 25 de las 32 muestras de polen (201, 232, 426, 447, 474, 450, 483, 517, 623, 635, 638, 646, 650, 654, 657, 661, 666, 669, 679, 684, 694, 705, 710, G3, y maíz). Estos resultados están parcialmente de acuerdo con los de Ceska y Styles (1984), quienes reportaron a la quercetina-3,3'-*O*-diglucósido como el flavonoide principal en el po-

Cuadro 3. Descripción de los compuestos fenólicos encontrados por el análisis de UPLC-TOF-MS en los extractos del polen de 32 poblaciones de *Zea*.

Número de compuesto	TR_2 (X±SD)	*m/z* experimental	*m/z* calculada	Fórmula	Error (ppm)	Valor mSigma	Compuesto propuesto
1	6.042±0.083	625.1413	625.1410	$C_{27}H_{29}O_{17}$	-1.7	3.7	Quercetina-3,7-*O*-diglucósido
2	6.179±0.084	595.1312	595.1305	$C_{26}H_{27}O_{16}$	-2.0	2.6	Quercetina-3-*O*-arabinosil-glucósido
3	7.122±0.078	787.1929	787.1939	$C_{33}H_{39}O_{22}$	1.2	8.8	Quercetina-3-soforósido-7-glucósido
4	7.873±0.076	625.1418	625.1410	$C_{27}H_{29}O_{17}$	-2.2	3.2	Quercetina-3,3'-*O*-diglucósido
5	8.173±0.065	639.1579	639.1567	$C_{28}H_{31}O_{17}$	-1.8	0.6	Isoramnetina-3-*O*-gentobiósido
7	8.553±0.156	609.1468	609.1461	$C_{27}H_{29}O_{16}$	-2.8	3.4	Quercetina-3-*O*-ramnoglucósido
8	9.293±0.060	593.1509	593.1511	$C_{27}H_{29}O_{15}$	0.2	13.5	Canferol-3-*O*-β-ramnoglucósido
9	9.801±0.039	611.1594	611.1618	$C_{27}H_{31}O_{16}$	3.9	32.0	Saflomina A
10	9.376±0.063	623.1624	623.1618	$C_{28}H_{31}O_{16}$	-1.0	6.1	Isoramnetina-3-*O*-β-ramnoglucósido
11	9.611±0.000	331.0466	331.0459	$C_{16}H_{11}O_{8}$	0.3	2.8	6-metoxiquercetina
12	9.617±0.102	463.0886	463.0882	$C_{21}H_{19}O_{12}$	-0.6	3.4	Quercetina-3-*O*-galactósido
13	10.089±0.072	433.0768	433.0776	$C_{20}H_{17}O_{11}$	4.0	8.9	Quercetina-3-α-L-arabinofuranósido
14	10.273±0.077	193.0511	193.0506	$C_{10}H_{9}O_{4}$	-2.6	8.3	Ácido ferúlico
15	10.537±0.461	447.0920	447.0932	$C_{21}H_{19}O_{11}$	2.7	22.5	Quercetina-ramnósido
16	10.669±0.053	477.1036	477.1038	$C_{22}H_{21}O_{12}$	3.2	3.5	Isoramnetina-3-*O*-D-glucósido
18	14.499±0.033	301.0367	301.0353	$C_{15}H_{9}O_{7}$	-0.8	0.9	Quercetina
19	17.307±0.127	271.0609	271.0612	$C_{15}H_{11}O_{5}$	1.2	6.3	Naringenina

1 Quercetina-3,7-O-diglucósido

2 Quercetina-3-O-arabinosilglucósido

3 Quercetina-3-soforósido-7-glucósido

4 Quercetina-3-3'-O-diglucósido

5 Isoramnetina-3-O-gentobiósido

7 Quercetina-3-O-ramnoglucósido

8 Canferol-3-O-β-ramnoglucósido

9 Saflomina A

10 Isoramnetina-3-O-β-ramnoglucósido

11 6-metoxiquercetina

Fig. 2. Estructura de los compuestos **1** a **5** y **7** a **11** encontrados en el polen de *Zea*.

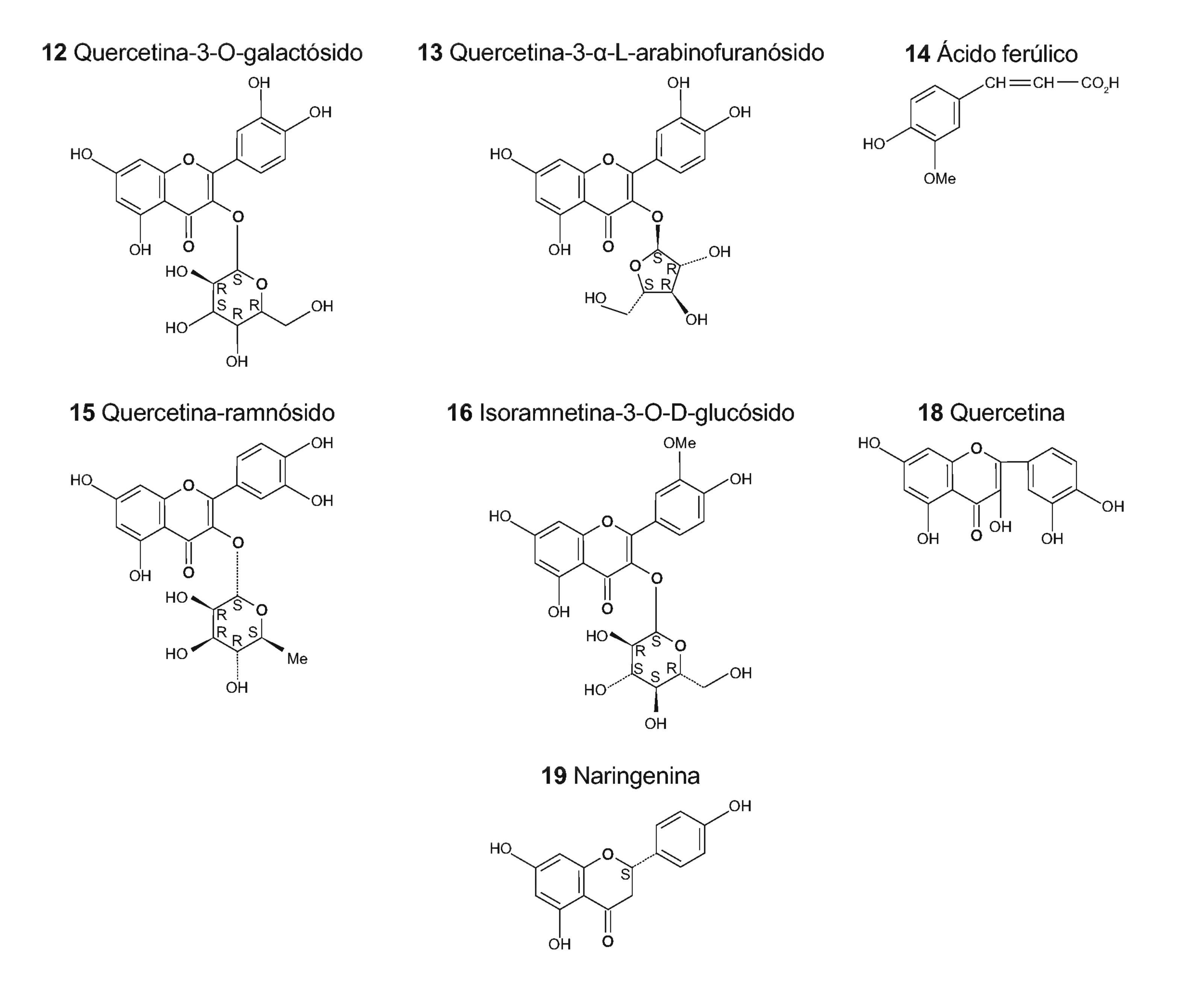


Fig. 3. Estructura de los compuestos **12** a **16**, y **18** a **19** encontrados en el polen de *Zea*.

len de maíz, pero esos autores mencionaron que el canferol-3-*O*-glucósido (fórmula: $C_{21}H_{20}O_{11}$, peso molecular: 448.38, λ_{max}: 266, 297sh, 349) (Sakakibara et al., 2003; hoja de información técnica de Sigma Aldrich para ese compuesto) como el único derivado de canferol en el polen de esa especie, y de acuerdo con nuestros resultados, el único derivado de canferol encontrado fue el canferol-3-*O*-β-ramnoglucósido (**8**, fórmula: $C_{27}H_{29}O_{15}$, *m/z*: 593.15, λ_{max}: 266, 300sh, 350, Cuadros 2 y 3, Fig. 2).

Recientemente, Chantarudee et al. (2012) reportaron la presencia de hidroquinona y 7-*O*-R-apigenina en las microsporas de maíz. En nuestro estudio, esos dos compuestos no fueron encontrados en el polen de ninguna de las especies ni subespecies de *Zea* analizadas. Nuestros resultados están de acuerdo con los de Ceska y Styles (1984), quienes resaltaron la ausencia de flavonas en el polen de *Zea*

mays. Sin embargo, otras clases de fenoles, previamente no reportadas para tales microsporas, como ácidos fenólicos (**9**, **22**, y **23**) y dihidroflavonoides (**19**, **20**, y **21**) se detectaron en el presente estudio como compuestos menores en algunos de los parientes silvestres del maíz (Cuadros 2 y 3). La presencia de dihidroflavonoides fue previamente reportada en el polen de pinos (Strohl y Seikel, 1965).

Contrariamente a lo reportado por Ceska y Styles (1984), quienes mencionaron cuatro isoramnetinas glucósidos en el polen de maíz, y en contraste con Pollak et al. (1995), quienes no detectaron isoramnetina en el polen de ese mismo cereal, nosotros encontramos tres glicósidos de isoramnetina, la isoramnetina-3-*O*-gentobiósido (**5**) en todos los taxa de *Zea*, isoramnetina-3-*O*-β-ramnoglucósido (**10**) también en todos los taxa del género, e isoramnetina-3-*O*-D-glucósido (**16**) solamente en el polen de *Z. perennis* de Jalisco (694) y una población de *Z. mays* subsp. *parviglumis* (694).

Los flavonol-3-*O*-diglicósidos son los flavonoides más comúnmente acumulados en el polen, mientras que las agliconas se encuentran menos frecuentemente (Campos et al., 2002). Entre los pocos reportes que mencionan la presencia de flavonoides aglicona en el polen están el de Campos et al. (1997) en *Eucalyptus globulus*, y el de Campos et al. (2002) en Myrtaceae, subfamilia Leptospermoideae. Pollak et al. (1995) y previamente Larson y Lonergan (1972) registraron la acumulación de flavonoles agliconas además de flavonoles glicósidos en el polen de maíz. Sin embargo, con excepción de la quercetina aglicona (**18**), únicamente en el polen de *Zea diploperennis* de Nayarit (692), nosotros no encontramos flavonoles agliconas en los perfiles fenólicos del polen de *Zea*. Los flavonoides llevan a cabo diversas e importantes funciones en las plantas (Winkel-Shirley, 2001). Aunque no universalmente requeridos para la fertilidad del polen (Burbulis et al., 1996), en varias especies, incluyendo *Zea mays*, los flavonoles están involucrados en su germinación (Mo et al., 1992; Pollak et al., 1995). Esa función ha sido asociada a la quercetina, el canferol y a la miricetina (Ylstra et al., 1992; Vogt et al., 1995), pero particularmente en maíz se ha reportado la participación de la quercetina (Pollak et al., 1995). La predominancia de glicósidos de quercetina en el polen de todas las especies y subespecies de *Zea* analizadas en el presente estudio (Fig. 4) sugiere que, como en el maíz, la quercetina puede desempeñar una función similar en la germinación del polen y crecimiento del tubo polínico en las diferentes especies de teocintle.

Los perfiles fenólicos del polen de los diferentes taxa de *Zea* analizados fueron relativamente complejos (desde nueve compuestos en *Zea mays* susp. *mays*, a 14 en *Zea mays* subsp. *mexicana* raza Mesa Central de Michoacán, muestra 426, y de Durango, muestras 705 y 710), comparados con el número de compuestos en-

contrados en el polen de otras especies, como *Agave durangensis* (Agavaceae), que varió entre seis y siete, todos los compuestos siendo derivados glicósidos de canferol (Almaraz-Abarca et al., 2009); cinco especies de Myrtaceae, que variaron de dos a cuatro flavonas agliconas (Campos et al., 2002); *Bidens odorata* (Compositae), que fue de tres, dos canferol glicósidos y un ácido cinámico (Almaraz-Abarca et al., 2004); y *Salix atrocinerea*, que fue de dos, el canferol-3-*O*-neo-hesperidósido y un derivado de ácido caféico (Campos, 1997). Sin embargo, también se han reportado perfiles fenólicos de polen más complejos que los encontrados para el polen de las especies y subespecies de *Zea*, como el de *Stenocactus multicostatus* subsp. *zacatecasensis* (Cactaceae), formado por 14 a 19 compuestos, y el de *Echinocereus pectinatus* (Cactaceae), compuesto por 12 a 17 (Almaraz-Abarca et al., 2007).

Pocos compuestos, todos ellos menores, se encontraron de manera exclusiva en alguno de los taxa de *Zea* analizados. La saflomina A (**9**) y el ácido ferúlico (**14**) fueron privativos del polen de *Z. perennis* de Jalisco (muestra 694). La quercetina-3-α-L-arabinofuranósido (**13**) estuvo presente solamente en *Z. diploperennis* (muestras 551 y 692). La quercetina aglicona (**18**) fue peculiar del polen de *Z. diploperennis* de Nayarit (muestra 692), y el compuesto **20**, un dihidroflavonoide, se detectó únicamente en el de *Z. mays* subsp. *parviglumis* del sur de Guerrero (muestra 654). Aparte de esas diferencias, las microsporas de las especies y subespecies de *Zea* analizadas mostraron patrones muy similares de fenoles principales (Fig. 4). Los seis primordiales compuestos (**1**, **3**, **4**, **5**, **7** y **12)** tuvieron la misma tendencia de acumulación en todas las muestras de polen de *Zea* analizadas (Fig. 4). El perfil formado por esos seis fenoles se podría considerar como un marcador químico para el género.

De acuerdo con Rice-Evans (1999), la estructura *O*-dihidroxi en el anillo B, el anillo C insaturado, y la estructura 5,7-dihidroxi en el anillo A de la quercetina confieren un alto potencial antioxidante, mientras que el anillo B, con un solo grupo 4'-hidroxil del canferol y la isoramnetina les da a esos compuestos menores niveles de tal propiedad. La predominancia de glicósidos de quercetina sobre los de canferol e isoramnetina en el polen de los teocintles sugiere que tales microsporas representan una fuente importante de antioxidantes naturales, que pueden encontrarse formando parte de las mezclas polínicas de origen apícola, como ha sido corroborado por Almaraz-Abarca et al. (2004).

Variación interspecífica e intraspecífica

Los flavonoides son los principales marcadores quimiotaxonómicos (Markham, 1982; Campos et al., 2002; Almaraz-Abarca et al., 2004), pero los ácidos fenólicos también poseen cierto valor como indicadores químicos (Van Sume-

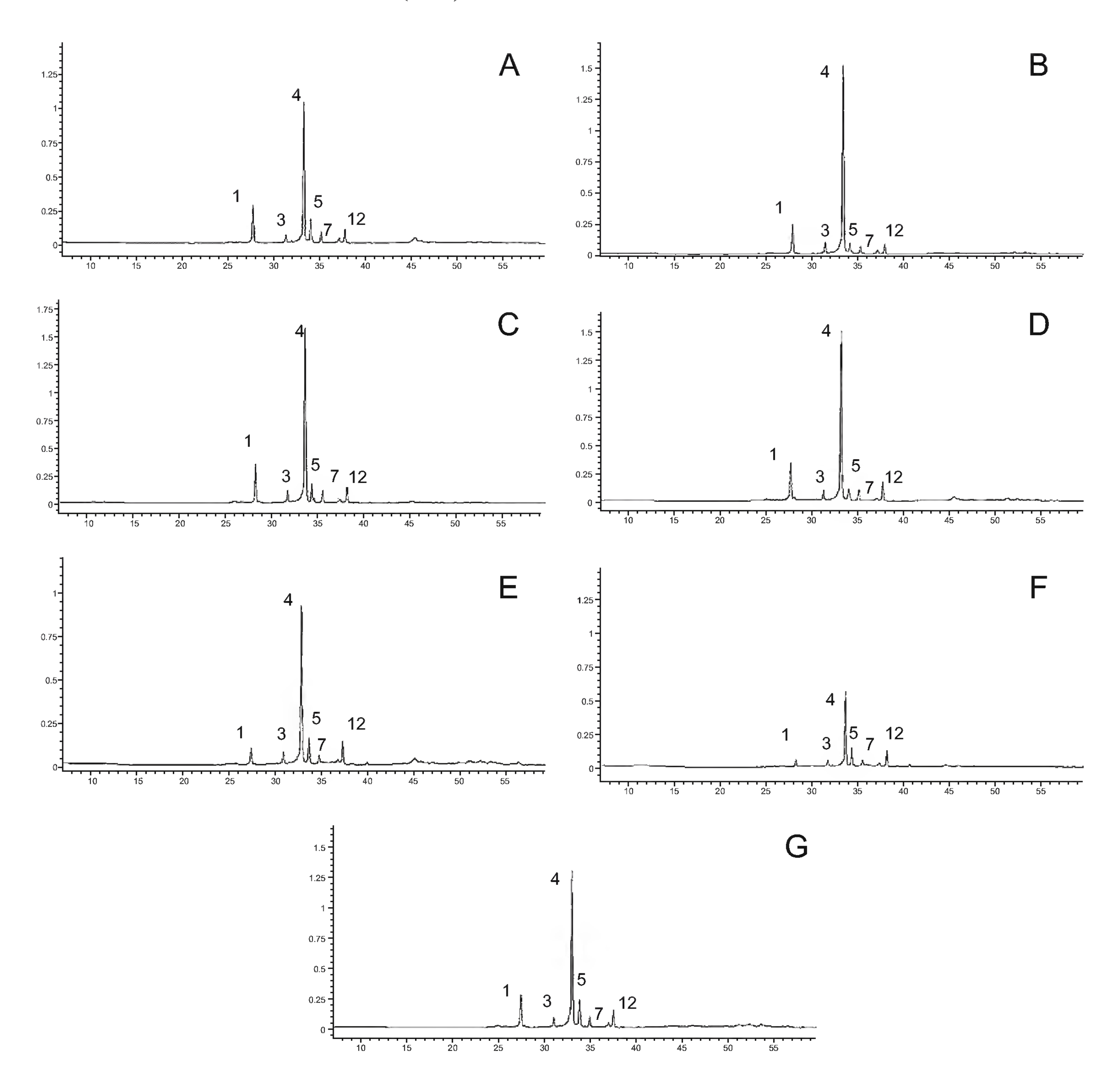


Fig. 4. Cromatogramas de HPLC de los polen de A: *Zea mays* subsp. *parviglumis* (muestra 201), B: *Z. mays* subsp. *mexicana* raza Mesa Central (muestra 426), C: *Z. mays* subsp. *mexicana* raza Nobogame (muestra 607), D: *Z. mays* subsp. *mexicana* raza Chalco (muestra 615), E: *Z. diploperennis* (muestra 551), F: *Z. perennis* (muestra 694), G: *Z. luxurians* (muestra G3). Los números de los picos corresponden al del compuesto como aparece en el Cuadro 2.

re, 1989), y pueden ser acumulados de manera ubicua a niveles importantes en los tejidos vegetales (Tamagnone et al., 1998). El polen de algunas especies de plantas es particularmente rico en ácidos fenólicos (Campos, 1997; Almaraz-Abarca et al., 2004, 2007), pero éstos pueden estar completamente ausentes en las microsporas de otras (Almaraz-Abarca et al., 2009). Con base en los perfiles completos de los fe-

noles del polen, incluyendo los tres ácidos fenólicos encontrados, los resultados del presente estudio permitieron discernir algunas variaciones inter e intraespecíficas en *Zea* (Fig. 5).

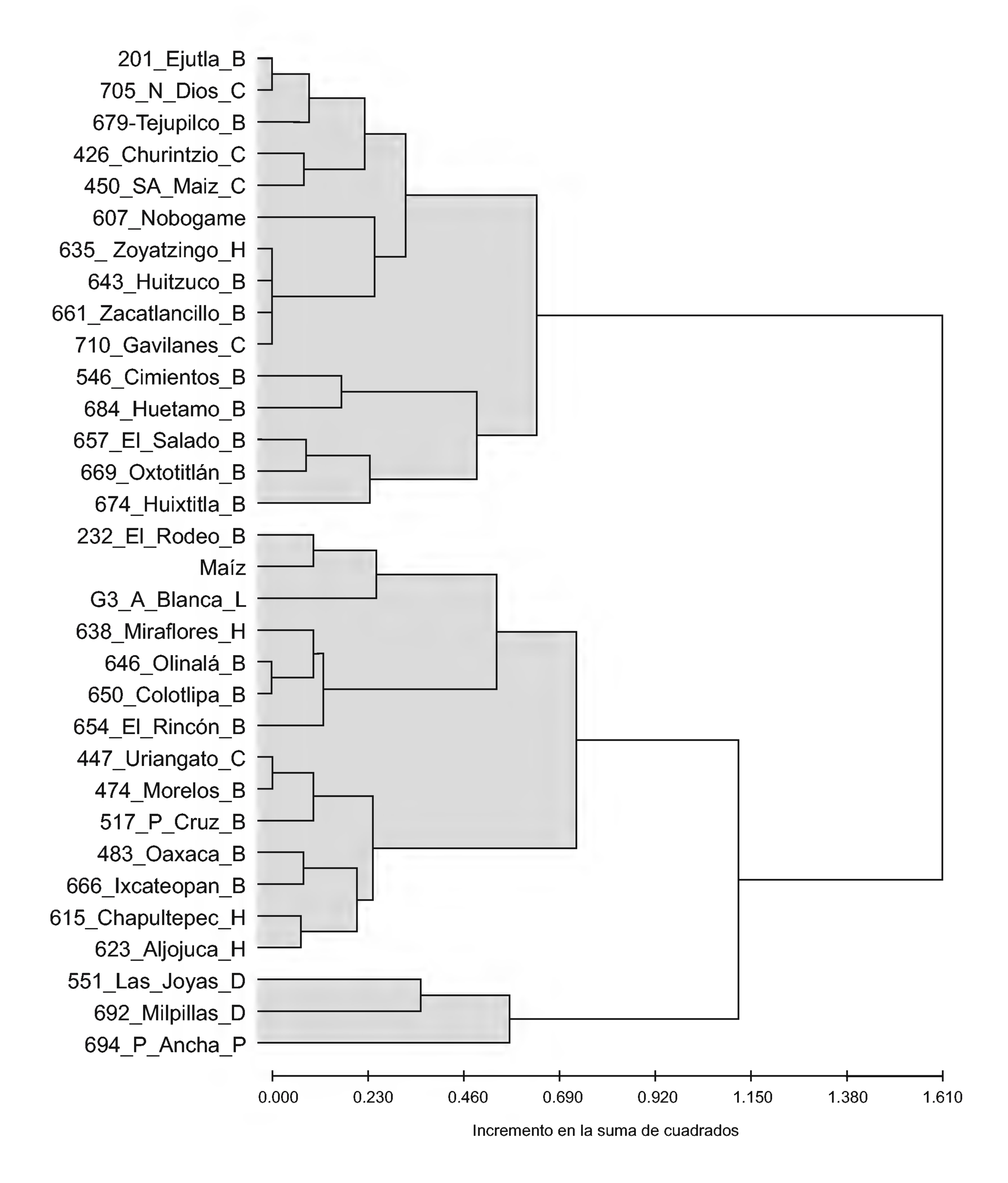


Fig. 5. Agrupamiento de los taxa de *Zea* enlistados en el Cuadro 1, con base en el método de Ward (B = Raza Balsas, H = Raza Chalco, C = Raza Mesa Central, L = *Z. luxurians*, D = *Z. diploperennis*, P = *Z. perennis*).

El hecho de que todas las muestras del presente estudio fueron colectadas de plantas que crecieron bajo las mismas condiciones ambientales permite inferir que las diferencias encontradas en los perfiles fenólicos son el resultado de variaciones genéticas que dirigen un orden secuencial definido en la ruta de la biosíntesis. Esto es, de acuerdo con Heller y Forkmann (1994), propio y peculiar para cada especie de planta, y muchos de los pasos individuales de las modificaciones de los flavonoides están controlados por genes individuales (Forkmann, 1994).

El procedimiento de validación de árbol del método Clustan Graphics (Wishart, 2006), basado en 5000 pruebas aleatorias, encontró el número óptimo de grupos (clusters) y dividió a las muestras de teocintle en tres grupos. Este análisis, basado en una matriz binaria, reveló que los perfiles fenólicos del polen, difiriendo principalmente en compuestos menores, acomodan a *Z. perennis* y *Z. diploperennis* en uno de los tres conjuntos (Fig. 5). Estos resultados apoyan parcialmente la actual división del género *Zea* aceptada por varios autores (Doebley y Iltis, 1980; Iltis y Doebley, 1980; Doebley, 1990; Iltis y Benz, 2000; Sánchez et al., 2011). Sin embargo, la separación de las secciones *Luxuriantes* y *Zea* propuesta por Doebly e Iltis (1980) no fue claramente encontrada, ya que *Z. luxurians* (G3) se situó fuera del grupo de *Z. perennis* y *Z. diploperennis* (Fig. 5), las otras dos especies de la sección *Luxuriantes*. El perfil fenólico del polen de *Z. luxurians* estuvo más cercanamente relacionado con los de Z. *mays* subsp. *parviglumis* y de maíz, que con cualquiera de las otras dos especies de *Zea* de la sección *Luxuriantes*. Una relación más cercana entre *Z. luxurians* y *Z. mays* subsp. *parviglumis* que entre *Z. luxurians* y *Z. perennis* o *Z. diploperennis* fue también encontrada por Tiffin y Gaut (2001), con base en la variabilidad de secuencia de cuatro loci nucleares. Zimmer et al. (1988), Purugganan y Wesler (1994), Buckler y Holtsford (1996), y Tiffin y Gaut (2001), basándose en varias clases de datos moleculares, opinaron que la sección *Luxuriantes* no es un grupo natural. Nuestros resultados representan evidencia química que apoya la propuesta de esos autores.

Tiffin y Gaut (2001) reportaron que *Zea perennis* es un autotetraploide derivado de *Z. diploperennis*. Nuestros datos químicos revelaron una relación cercana entre las dos muestras de teocintles perennes diploides (población 551 y población 692), y entre éstas y la especie perenne tetraploide (población 694), las tres formando un solo grupo (Fig. 5), lo cual da evidencia para apoyar el dictamen de Tiffin y Gaut (2001). Sin embargo, la baja variabilidad encontrada en los perfiles fenólicos del polen no permite inferir acerca del origen autotetraploide de *Z. perennis* a partir de *Z. diploperennis*.

La cercana relación entre *Zea mays* subsp. *mays* con *Z. mays* subsp. *parviglumis* y *Z. mays* subsp. *mexicana* propuesta por algunos autores (Doebley et al., 1987) es sustentada por la similitud de sus patrones fenólicos polínicos. En dos de los tres grupos formados por el análisis de cluster (Fig. 5), poblaciones de la subsp. *mexicana* y la subsp. *parviglumis* se mezclan unas con otras, y algunas de las dos subespecies tienen perfiles fenólicos del polen muy similares, como la 474 de la subsp. *parviglumis* y la 447 de la subsp. *mexicana*; la 201 de la subsp. *parviglumis* y la 705 de la subsp. *mexicana*; y las 643 y 661 de la subsp. *parviglumis* y las 710 y 635 de la subsp. *mexicana* (Fig. 5). De manera similar a los resultados basados en el análisis de restricción de cpDNA (Doebley et al., 1987), los perfiles fenólicos del polen no discriminan entre *Z. mays* subsp. *mexicana* y *Z. mays* subsp. *parviglumis* (Fig. 5), diferenciación que sí ha podido realizarse usando datos de isozimas, morfológicos (Doebley, 1983; Goodman y Stuber, 1983; Doebley et al., 1984), y moleculares de genoma nuclear (Fukunga et al., 2005). Nuestros resultados sugieren que en el género *Zea* la tasa de evolución de los patrones fenólicos del polen ha estado desacoplada de la evolución de caracteres moleculares nucleares, bioquímicos y morfológicos. Un desacoplamiento similar de la evolución de caracteres ha sido reportada para el género *Plagiomnium* de musgos (Harris, 2009). Esa incongruencia entre diferentes clases de atributos ha sido explicada como una evolución asincrónica de marcadores (Hörandl, 2010).

La hibridación y la introgresión son eventos frecuentemente encontrados en muchas poblaciones naturales de plantas (Harborne y Turner, 1984), y su importancia en promover cambios evolutivos es tal que varios autores han estimado que alrededor de 70% de todas las especies de angiospermas se han originado por hibridación (Arnold, 1994; Whitham et al., 1999). La hibridación origina variación cualitativa y cuantitativa en los patrones de metabolitos secundarios (Orians et al., 2000), generando más variabilidad en las generaciones de híbridos posteriores a F1 (Rieseberg y Ellstrand, 1993). La baja diversidad encontrada en los perfiles fenólicos del polen de las especies y subespecies analizadas de *Zea* apoya lo reportado por Ross-Ibarra et al. (2009) acerca de que la hibridación y la introgresión, que de haber ocurrido entre varios taxa de *Zea*, no han sido eventos comunes. Los patrones actuales de distribución geográfica, en los que muchas poblaciones no se encuentran en forma simpátrica (Sánchez et al., 2011), sustenta también la afirmación de Ross-Ibarra et al. (2009).

La baja variabilidad encontrada en el presente trabajo en los patrones fenólicos del polen de *Zea* sugiere que esos perfiles han estado muy conservados durante el surgimiento de las diferentes especies del género, lo cual ocurrió casi de manera contemporánea hace 100,000 a 300,000 años (Gaut y Clegg, 1993; Ross-Ibarra et al.,

2009), lo que podría estar asociado al importante papel que los flavonoides llevan a cabo en el funcionamiento normal del polen (Coe et al., 1981), como ha sido corroborado en maíz (Pollak et al., 1995).

Nuestros resultados se suman a la propuesta de algunos autores (Doebley et al., 1984; Doebley et al., 1987) de considerar al maíz y algunos teocintles como grupos conespecíficos, los cuales comparten procesos celulares esenciales del desarrollo (Dermastia et al., 2009) pues también comparten procesos cruciales de la síntesis y acumulación de fenoles en las estructuras reproductivas masculinas, como lo revela la semejanza encontrada de los perfiles fenólicos.

El perfil fenólico del polen de maíz y el de algunas poblaciones de *Zea mays* subsp. *parviglumis*, particularmente la 232 de Jalisco, son muy similares (Fig. 5). Esa semejanza brinda evidencia química que apoya la propuesta de Doebley et al. (1987) de que esa subespecie fue la progenitora del maíz.

CONCLUSIONES

El polen de *Zea mays* subsp. *mexicana*, *Z. mays* subsp. *parviglumis*, *Z. mays* subsp. *mays, Z.diploperennis*, *Z. perennis*, y *Z. luxurians* tienen patrones similares de acumulación de compuestos fenólicos, principalmente derivados glicósidos de quercetina, lo que lo hace una fuente importante de flavonoides antioxidantes. Los perfiles fenólicos de las especies y subespecies de *Zea* son muy semejantes, lo que es una evidencia química que apoya los hallazgos que han hecho diversos autores de que el maíz y algunos teocintles son grupos conespecíficos. La separación, con base en los perfiles fenólicos del polen, de *Z. luxurians* del grupo de *Z. perennis* y *Z. diploperennis* sustentan la propuesta de que la sección *Luxuriantes* no es un grupo natural.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Comisión de Operación y Fomento a las Actividades Académicas (COFAA) por los estímulos a la investigación, al Instituto Politécnico Nacional por el financiamiento de la investigación a través del proyecto SIP 20110499, y a Patricia García Salas y Celia Rodríguez del Centro de Investigación y Desarrollo del Alimento Funcional de Granada, España por su ayuda en los análisis de UPLC.

LITERATURA CITADA

Almaraz-Abarca, N., M. G. Campos, J. A. Ávila-Reyes, N. Naranjo-Jiménez, J. Herrera-Corral y L. S. González-Valdez. 2004. Variability of antioxidant activity among honeybee-collected pollen of different botanical origin. Interciencia 29: 574-578.

Almaraz-Abarca, N., M. S. González-Elizondo, J. A. Tena-Flores, J. A. Ávila-Reyes, J. Herrera-Corral y N. Naranjo-Jiménez. 2006. Foliar flavonoids distinguish *Pinus leiophylla* and *Pinus chihuahuana* (Coniferales: Pinaceae). Proc. Biol. Soc. Wash. 119: 426-436.

Almaraz-Abarca, N., M. G. Campos, A. Delgado-Alvarado, J. A. Ávila-Reyes, N. Naranjo-Jiménez, J. Herrera-Corral, A. F. Tomatas, A. J. Almeida y A. Vieira. 2007. Fenoles del polen de *Stenocactus*, *Echinocereus* y *Mammillaria* (Cactaceae). Polibotánica 23: 37-55.

Almaraz-Abarca, N., M. G. Campos, E. A. Delgado-Alvarado, J. A. Ávila-Reyes, J. Herrera-Corral, L. S. González-Valdez, N. Naranjo-Jiménez, C. Frigerio, A. F. Tomatas, A. J. Almeida, A. Vieira y J. N. Uribe-Soto. 2008. Pollen flavonoid/phenolic acid composition of four species of Cactaceae and its taxonomic significance. Am. J. Agr. Biol. Sci. 3: 534-543.

Almaraz-Abarca, N., E. A. Delgado-Alvarado, V. Hernández-Vargas, M. Ortega-Chávez, G. Orea-Lara, A. Cifuentes-Díaz de León, J. A. Ávila-Reyes y R. Muñiz-Martínez. 2009. Profiling of phenolic compounds of somatic and reproductive tissues of *Agave durangensis* Gentry (Agavaceae). Am. J. Appl. Sci. 6: 1076-1085.

Arnold, M. L. 1994. Natural hybridization and Louisiana irises. BioScience 44: 141-147.

Buckler, E. S. y T. P. Holtsford. 1996. *Zea* systematics: ribosomal ITS evidence. Mol. Biol. Evol. 13: 612-622.

Burbullis, I. E., M. Iacobucci y B. E. Shirley. 1996. A null mutation in the first enzyme of flavonoid biosynthesis does not affect male fertility in *Arabidopsis*. Plant Cell 8: 1013-1025.

Campos, R. M. G. 1997. Caracterizaçao do polen apícola pelo seu perfil em compostos fenólicos e pesquisa de algumas actividades biológicas. Dissertação de candidatura ao grado de Doutor. Universidade de Coimbra. Coimbra, Portugal. 318 pp.

Campos, M. G. y K. M. Markham. 2007. Structure information from HPLC and on-line measured absorption spectra-flavone, flavonols and phenolic acids. Coimbra University Press. Coimbra, Portugal. 118 pp.

Campos, M., K. R. Markham, K. A. Mitchell y A. Proenca da Cunha. 1997. An approach to the characterization of bee pollens via their flavonoid/phenolic profiles. Phytochem. Anal. 8: 181-185.

Campos, M. G., R. F. Webby y K. R. Markham. 2002. The unique occurrence of the flavone aglycone tricin in Myrtaceae pollen. Z. Naturforsch C 57c: 944-946.

Casati, P. y V. Walbot. 2003. Gene expression profiling in response to ultraviolet radiation in maize genotypes with varying flavonoid content. Plant Physiol. 132: 1739-1754.

Ceska, O. y E. D. Styles. 1984. Flavonoids from *Zea mays* pollen. Phytochemistry 23: 1822-1823.

Chantarudee, A., P. Phuwapraisirisan, K. Kimura, M. Okuyama, H. Mori, A. Kimura y C. Chanchao. 2012. Chemical constituents and free radical scavenging activity of corn pollen collected from *Apis mellifera* hives compared to floral corn pollen at Nam, Thailand. BMC Complement. Altern. Med. 12: 45.

Coe, E. H., S. M. McCormick y S. A. Modena. 1981. White pollen in maize. J. Hered. 72: 318-320.

Cohen, J. I. y W. C. Galinat. 1984. Potential use of alien germoplasm for maize improvement. Crop Sci. 24: 1011-1015.

Dahia, M., L. Siracusa, H. Laouer y G. Ruberto. 2009. Constituents of the polar extracts from Algerian *Pituranthos scoparius*. Nat. Prod. Commun. 4: 1691-1692.

Dermastia, M., A. Kladnik, J. D. Koce y P. S. Chourey. 2009. A cellular study of Teosinte *Zea mays* subsp. *parviglumis* (Poaceae) caryopsis development showing several processes conserved in maize. Am. J. Bot. 96: 1798-1807.

Doebley, J. 1990. Molecular systematics of *Zea* (Gramineae). Maydica 35: 143-150.

Doebley, J. 1983. The maize and teosinte male inflorescence: a numerical taxonomic study. Ann. Mo. Bot. Gard. 70: 32-70.

Doebley, J., M. M. Goodman y C. W. Stuber. 1984. Isoenzymatic variation in *Zea* (Gramineae). Syst. Bot. 9: 203-218.

Doebley, J. y H. H. Iltis. 1980. Taxonomy of *Zea* (Gramineae) I. A subgeneric classification with key to taxa. Am. J. Bot. 67: 982-993.

Doebley, J., W. Renfroe y A. Blanton. 1987. Restriction site variation in the *Zea* chloroplast genome. Genetics 117: 139-147.

Ferracane, R., G. Graziani, M. Gallo, V. Fogliano y A. Ritieni. 2010. Metabolic profile of the bioactive compounds of burdock (*Arctium lappa*) seeds, roots and leaves. J. Pharm. Biomed. Anal. 51: 399-404.

Fiasson, J., L. K. Gluchoff-Fiasson y G. Dahlgren. 1997. Flavonoid patterns in European *Ranunculus* L. subgenus *Batrachium* (Ranunculaceae). Biochem. Syst. Ecol. 25: 327-333.

Forkmann, G., 1994. Genetics of flavonoids. In: Harborne, J. B. (ed.). The Flavonoids. Advances in Research since 1986. Chapman & Hall. London, UK. pp. 537-564.

Fukunga, K., J. Hill, Y. Vigouroux, Y. Matsuoka, G. J. Sánchez, K. Liu, E. S. Buckler y J. Doebley. 2005. Genetic diversity and population structure of teosinte. Genetics 169: 2241-2254.

Gardana, C., M. Scaglianti, P. Pietta y P. Simonetti. 2007. Analysis of the polyphenolic fraction of propolis from different sources by liquid chromatogrphy-tandem mass spectrometry. J. Pharm. Biomed. Anal. 45: 390-399.

Gaut, B. S. y M. T. Clegg. 1993. Molecular evolution of the Adh1 locus in the genus *Zea*. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 90: 5095-5099.

Goodman, M. M. y C. W. Stuber. 1983. Races of maize VI. Isozyme variation among races of maize in Bolivia. Maydica 28: 169-187.

Gross, J. H. 2010. Mass spectrometry. A texbook. 2nd ed. Springer. Berlin, Germany. 753 pp.

Harborne, J. B. y B. L. Turner. 1984. Plant chemosystematics. Academic Press. London, UK. 562 pp.

Harris, E. S. J. 2009. Phylogenetic and environmental lability of flavonoids in a medicinal moss. Biochem. Syst. Ecol. 37: 180-192.

Heller, W. y G. Forkmann. 1994. Biosynthesis of flavonoids. In: Harborne, J. B. (ed.). The flavonoids. Advances in research since 1986. Chapman & Hall. London, UK. pp. 499-535.

Hiraoka, A., K. Yoshitama, T. Hine, T. Tayeoka y T. N. Tateoka. 1987. Isotachophoresis of flavonoids. Chem. Pharm. Bull. 35: 4317-4320.

Hörandl, E. 2010. Beyond cladistics: extending evolutionary classification into deeper time levels. Taxon 59: 345-350.

Iltis, H. H. y B. F. Benz. 2000. *Zea nicaraguensis* (Poaceae), a new teosinte from Pacific Coastal Nicaragua. Novon 10: 382-390.

Iltis, H. H. y J. F. Doebley. 1980. Taxonomy of *Zea* (Graminae) II. Subspecific categories in the *Zea mays* complex and a generic synopsis. Am. J. Bot. 67: 994-1004.

Iswaldi, I., D. Arráez-Román, I. Rodríguez-Medina, J. Beltrán-Debón, J. Joven, A. Segura-Carretero y A. Fernández-Gutiérrez. 2011. Identification of phenolic compounds in aqueous and ethanolic rooibos extracts (*Aspalathus linearis*) by HPLC-ESI-MS (TOF/IT). Anal. Bioanal. Chem. 400: 3643-3654.

Larson R. L. y C. M. Lonergan. 1972. Glucosyltransferase activity in a water extract of maize pollen. Planta 103: 361-364.

Lee, E. A., P. F. Byrne, M. D. McMullen, M. E. Snook, B. R. Wiseman, N. W. Widstrom y E. H. Coe. 1998. Genetic mechanisms underlying apimaysin and maysin synthesis and cornantibiosis in maize (*Zea mays* L.). Genetics 149: 1997-2006.

Mabry, T. J., K. M. Markham y M. B. Thomas. 1970. The systematic identification of flavonoids. Springer-Verlag. New York, USA. 354 pp.

Markham, K. R. 1982. Techniques of flavonoid identification. Academic Press. London, UK. 113 pp.

Markham, K. R. y M. Campos. 1996. 7- and 8-O-methylherbacetin-3-O-sophorosides from bee pollens and some structure/activity observations. Phytochemistry 43: 763-767.

Mo, Y., C. Nagel y L. P. Taylor. 1992. Biochemical complementation of chalcone synthase mutants defines a role for flavonols in functional pollen. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 89: 7213-7217.

Morikawa, T., L. Wang, S. Nakamura, K. Ninomiya, E. Yokoyama, H. Matsuda, O. Muraoka, L. Wu y M. Yoshikawa. 2009. Medicinal flowers. XXVII. New flavanone and chalcone glycosides, arenariumosides I, II, and IV, and tumor necrosis factor-α inhibitors from everlasting, flowers of *Helichrysum arenarium*. Chem. Pharm. Bull. 57: 361-367.

Nault, L. R. y W. R. Findley. 1981. *Zea diploperennis*: a primitive relative offers new traits to improve corn. Ohio Rep. Res. Dev. 66: 90-92.

Orians, C. M., M. Griffiths, B. M. Roche y R. S. Fritz. 2000. Phenolic glycosides and condensed tannins in *Salix sericea*, *S. eriocephala* and their F1 hybrids: not all hybrids are created equal. Biochem. Syst. Ecol. 28: 619-632.

Pollak, P. E., K. Hansen, J. D. Astwood y L. P. Taylor. 1995. Conditional male fertility in maize. Sex Plant Reprod. 8: 231-241.

Purugganan, M. D. y S. R. Wessler. 1994. Molecular evolution of *megallan*, a maize Ty3/*gypsy* like retrotransposon. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 91: 11674-11678.

Rice-Evans, C. 1999. Screening of phenolics and flavonoids for antioxidant activity. In: Packer, L., M. Hiramatsu y T. Yoshikawa (eds.). Antioxidant food supplements in human health. Academic Press. California, USA. pp. 239-253.

Rieseberg, L. H. y N. C. Ellstrand. 1993. What can molecular and morphological markers tell us about plant hybridization? Crit. Rev. Plant Sci. 12: 213-241.

Rochfort, S. J., M. Imsic, R. Jones, V. C. Trenerry y B. Tomkins. 2006. Characterization of flavonol conjugates in immature leaves of pak choi [*Brassica rapa* L. ssp. c*hinensis* L. (Hanelt)] by HPLC-DAD and LC-MS/MS. J. Agric. Food Chem. 54: 4855-4860.

Ross-Ibarra, J., M. Tenaillon y B. S. Gaut. 2009. Historical divergence and gene flow in the genus *Zea*. Genetics 181: 1399-1413.

Sakakibara, H., Y. Honda, S. Nakagawa, H. Ashida y K. Kanasawa. 2003. Simultaneous determination of all phenolics in vegetables, fruits, and teas. J. Agric. Food Chem. 51: 571-581.

Sánchez-González, J. J., Y. T. A. Kato, S. M. Aguilar, C. J. M. Hernández, R. A. López y C. J. A. Ruiz. 1998. Distribución y caracterización del teocintle. INIFAP. Guadalajara, México. 149 pp.

Sánchez, J. J., M. M. Goodman y C. W. Stuber. 2000. Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. Econ. Bot. 54: 43-59.

Sánchez G., J. J., L. De la Cruz L., V. A. Vidal M., J. Ron P., S. Taba, F. Santacruz-Ruvalcaba, S. Sood, J. B. Holland, J. A. Ruíz C., S. Carvajal, F. Aragón C., V. H. Chávez T., M. M. Morales R. y R. Barba-González. 2011. Three new teosintes (*Zea* spp., Poaceae) from Mexico. Am. J. Bot. 98: 1537-1548.

Schieber, A., N. Berardini y R. Carle. 2003. Identification of flavonol and xanthone glycosides from mango (*Mangifera indica* L. Cv. "Tommy Atkins") peels by high-performance liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry. J. Agric. Food Chem. 51: 5006-5011.

Strohl, M. J. y M. K. Seikel. 1965. Polyphenols of pine pollen: a survey. Phytochemistry 4: 383-399.

Tamagnone, L., A. Merida, N. Stacy, K. Plaskitt, A. Parr, C. F. Chang, D. Lynn, J. Maxwell, K. Roberts y C. Martin. 1998. Inhibition of phenolic acid metabolism results in precocious cell death and altered cell morphology in leaves of transgenic tobacco plants. Plant Cell 10: 1801-1816.

Tao, W., N. Yang, J. Duan, D. Wu, J. Gou, Y. Tang, D. Qian y Z. Zhu. 2011. Simultaneous determination of eleven major flavonoids in the pollen of *Typha angustifolia* by HPLC-PDA-MS. Phytochem. Anal. 22: 455-461.

Tiffin, P. y B. S. Gaut. 2001. Sequence diversity in the tetraploid *Zea perennis* and the closely related diploid *Z. diploperennis*: insights from four nuclear loci. Genetics 158: 401-412.

Vallejo, F., F. A. Tomás-Barberán y F. Ferreres. 2004. Characterization of flavonols in broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) by liquid chromatography-UV diode-array detection-electrospray ionization mass spectrometry. J. Chromatogr. A 1054: 181-193.

Van Sumere, C. F. 1989. Phenols and phenolic acids. In: Harborne, J. B. (ed.). Methods in plant biochemistry. Vol 1. Academic Press. London, UK. pp. 29-73.

Wiermann, R. y K. Vieth. 1983. Outer pollen wall, an important accumulation site for flavonoids. Protoplasma 118: 230-233.

Vogt, T., E. Wollenweber y L. P. Taylor. 1995. The structural requirements of flavonols that induce pollen germination of conditionally male fertility petunia. Phytochemistry 38: 589-592.

Whitham, T. G., G. D. Martinsen, K. D. Floate, H. S. Dungey, B. M. Potts y P. Keim. 1999. Plant hybrid zones affect biodiversity: tools for a genetic-based understanding of community structure. Ecology 80: 416-428.

Wilkes, G. 2004. Corn, strange and marvelous: but is a definitive origin known? In: Smith, C. W. (ed.). Corn: origin, history, technology, and production. John Wiley & Sons. New York, USA. pp. 3-63.

Winkel-Shirley, B. 2001. It takes a garden. How work on diverse plant species has contributed to an understanding of flavonoid metabolism. Plant Physiol. 127: 1399-1404.

Wishart, D. 2006. Clustan graphics primer: A guide to cluster analysis. Clustan Limited. Edinburgh, Scotland. 64 pp.

Ylstra, B., T. Alisher, M. R. M. Benito, E. Stöger, A. J. van Tunen, O. Vicente, J. N. M. Mol y E. Heberle-Bors. 1992. Flavonols stimulate development, germination, and tube growth of tobacco pollen. Plant Physiol. 100: 902-907.

Zhang, X., R. Boytner, J. L. Cabrera y L. Richard. 2007. Identification of yellow dye types in pre-columbian Andean textiles. Anal. Chem 79: 1575-1582.

Zhang, Q. y H. Cui. 2005. Simultaneous determination of quercetin, kaempferol, and isorrhamnetin in phytopharmaceuticals of *Hippophae rhamnoides* L. by high-performance liquid chromatography with chemiluminescence detection. J. Sep. Sci. 28: 1171-1178.

Zimmer, E. A. y E. R. Jupe, V. Walbot. 1988. Ribosomal gene structure, variation and inheritance in maize and its ancestors. Genetics 120: 1125-1136.

Recibido en enero de 2013.

Aceptado en junio de 2013.



Acta Botanica Mexicana 105: 87-106 (2013)

HONGOS ASCOMICETOS DEL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA EN MÉXICO

Rosario Medel

Universidad Veracruzana, Instituto de Investigaciones Forestales,
Apdo. postal 551, 91070 Xalapa, Veracruz, México.
romedel@uv.mx

RESUMEN

Se presenta una puesta al día de la diversidad de los ascomicetos citados del bosque mesófilo de montaña (BMM) en México. A la fecha se conocen un total de 107 especies de las cuales 69 están presentes en el estado de Veracruz. Los taxa corresponden a 18 órdenes, 29 familias y 52 géneros. La familia Xylariaceae es la más diversa, y los géneros *Xylaria* e *Hypoxylon* los mejor representados. Algunas de las características ecológicas de las especies fueron analizadas; se encontró que el grupo trófico de hongos saprobios es el más abundante, mientras que la madera en descomposición es el sustrato donde se encontraron la mayoría de las especies. En cuanto a la diversidad taxonómica de los hospederos, 20 familias y 22 géneros de plantas vasculares se registraron en asociación con este grupo de hongos. Al menos una familia de ascomicetos registrada del bosque mesófilo (Hyaloscyphaceae) podría considerarse recurrente en helechos de la familia Cyatheaceae.

Palabras clave: bosque de niebla, hongos en helechos, hongos lignícolas, hongos saprobios, *Hypoxylon*, *Xylaria*.

ABSTRACT

An update of the species of Ascomycetes recorded for cloud forest in Mexico is presented. Currently, 107 species of Ascomycetes have been recorded in this type of vegetation, of which 69 are present in Veracruz. The taxa correspond to 18 orders, 29 families, and 52 genera. The Xylariaceae is the most diverse family, and *Xylaria* and *Hypoxylon* are the genera with the highest number of species. Some of the ecological characteristics of the species were surveyed; it was found that the trophic group of the saprobes is the

most diverse, while decaying wood is the substrate where most of the species were found. Regarding the taxonomic diversity of the hosts, 20 families and 22 genera of vascular plants were recorded in association with this group of fungi. At least one family of the fungi recorded in cloud forest (Hyaloscyphaceae) could be considered as recurrent on ferns of the family Cyatheaceae.

Key words: cloud forest, fungi on ferns, *Hypoxylon*, lignicolous fungi, saprobe fungi, *Xylaria*.

INTRODUCCIÓN

La distribución de la diversidad de algunos grupos de organismos en diversos ecosistemas del país no se conoce de manera homogénea. A pesar de los esfuerzos realizados por investigadores mexicanos y extranjeros, algunos bosques no han sido explorados del todo, sea por su distribución dispersa o su difícil acceso. Un ejemplo es el bosque mesófilo de montaña (BMM), que se encuentra en situación vulnerable debido a la superficie reducida en que prospera y a la fragmentación provocada por el hombre (Rzedowski, 1978; Challenger, 1998; Bubbs et al., 2004; Williams-Linera, 2007; Challenger y Soberón, 2008). Este bosque cubre apenas 1% del territorio de la República Mexicana (Rzedowski, 1978, 1996; Challenger, 1998), es el más diverso por unidad de superficie (Williams-Linera et al., 2002), contiene 10% de la flora del país (Williams-Linera, 2007) y en él se encuentran grupos muy bien representados como los helechos con 500 especies citadas (Williams-Linera, 2007).

Desde el punto de vista micológico, el único trabajo que a la fecha registra la diversidad fúngica del BMM en México fue realizado por Chacón y Medel (1993). Estos autores citaron 594 especies de hongos, de las cuales solo 96 son ascomicetos; sin embargo, muchas de las que mencionan también prosperan en otros tipos de vegetación, como el bosque de coníferas, el bosque de encinos o los bosques tropicales en sus diferentes clases. Desde la publicación del trabajo en 1993, se ha avanzado en el estudio de los ascomicetos mexicanos y en los dos últimos inventarios (Medel et al., 1999; Medel, 2007a) se estimó que el estado de Veracruz es el que mayor número de especies registró y que el BMM es el segundo tipo de vegetación en el país con más registros de este grupo de hongos, solo superado por el conjunto de bosques tropicales (Medel, 2007a).

El objetivo de este trabajo es presentar una lista de especies de ascomicetos citadas del BMM en México, seguida de un análisis taxonómico, ecológico y de dis-

tribución geográfica; además de documentar algunos hospederos asociados a este grupo de hongos. También se comentan algunas necesidades que sería importante cubrir para conocer de manera más certera la repartición de las especies de ascomicetos en este tipo de vegetación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este análisis incluyó la revisión de los trabajos micológicos que han citado especies de ascomicetos del BMM en México hasta el año 2010. Se realizó una búsqueda bibliográfica de los datos de su hábitat para corroborar si se mencionaba el tipo de vegetación, hospedero o sustrato sobre el cual se encontraron. Cuando la información publicada estaba incompleta, y los especímenes podían consultarse en XAL, se completaron los datos faltantes, especialmente para algunas especies parásitas para las que se registraba el hospedero pero no se proporcionaba el tipo de vegetación donde se colectó. En algunos casos se obtuvo guía complementaria a partir de mapas de distribución del BMM, cuando en la cita solo se mencionaba la localidad, sin mayor indicación ecológica. En cuanto a la taxonomía, se consultó el Index fungorum (http://www.indexfungorum.org/names) con el objeto de actualizar los nombres de las especies. Con esta información se elaboró un cuadro en el cual se resumieron, además de las categorías taxonómicas, los datos de adscripción a grupos tróficos y sustratos. Estos últimos se asignaron con base en la información bibliográfica o de las etiquetas del material de herbario encontrado. El carácter de simbionte micorrizógeno se acepta de acuerdo con la propuesta de Rinaldi et al. (2008).

RESULTADOS

La revisión de ejemplares de herbario y bibliográfica dio por resultado el reconocimiento de 107 especies de ascomicetos para el BMM en México (Apéndice). Para cada una se anotó el orden y la familia a la que está adscrita, la entidad federativa de la cual se conoce, el sustrato donde crece, el grupo trófico y las referencias bibliográficas correspondientes. Del estado de Veracruz se registraron 69 que corresponden a 63.3% del total de las citadas, siguiéndole Tamaulipas (con 18) y Morelos (con 9). Taxonómicamente estos hongos se agrupan en 18 órdenes, 29 familias y 52 géneros. El orden Xylariales fue el que contó con mayor representación, pues

incluye 42 especies, siendo los géneros *Xylaria* con 18 e *Hypoxylon* con 10 los más cuantiosos. El siguiente orden de mayor diversidad fue el de los Helotiales con 18, en el cual el género *Lachnum* con 8 especies fue el más numeroso. En el orden Pezizales los géneros *Plectania* y *Helvella* quedaron registrados con tres cada uno (Fig. 1).

Para el tipo de sustrato sobre el que se encontraron creciendo los hongos, se determinaron ocho diferentes categorías (Fig. 2), siendo el tipo lignícola al que pertenece la mayoría de las especies (64.4%). En segundo lugar están las folícolas (14.9%), le siguen las terrícolas con 8.4% y con el mismo porcentaje (2.8%) las asociadas a insectos, frutos de árboles y humícolas; la menor proporción la constituyeron los hongos fimícolas y fungícolas con 2 especies (1.8%) cada uno.

En la misma figura 2 se pueden consultar los grupos tróficos a los que pertenecen los hongos citados, de donde se desprende que la mayoría resultaron ser saprobios (70%), los parásitos (débiles o facultativos) constituyeron 24.2%, y los simbiontes micorrizógenos ocuparon solo 5.6% del total; entre estos últimos se pueden mencionar los géneros *Helvella, Humaria* y *Peziza*.

De acuerdo con la literatura consultada (Cuadro 1), son 20 las familias y 22 los géneros de plantas del BMM de México, en las que se han encontrado creciendo ascomicetos. Las especies de *Alchemilla*, *Hyptis*, *Setaria*, *Solanum*, *Crossopetalum*

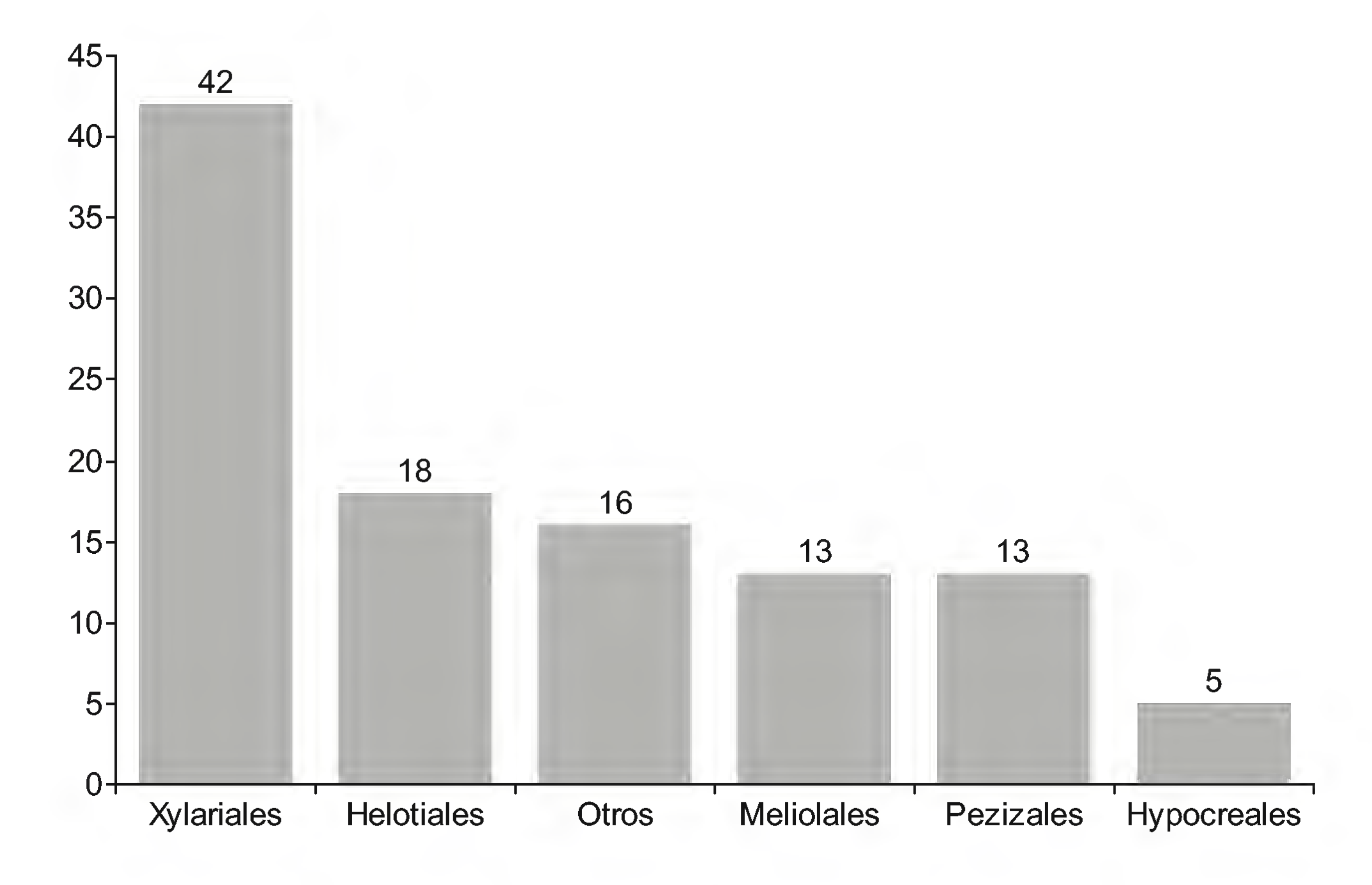


Fig. 1. Número de especies pertenecientes a los diferentes órdenes de de Ascomycetes del BMM.

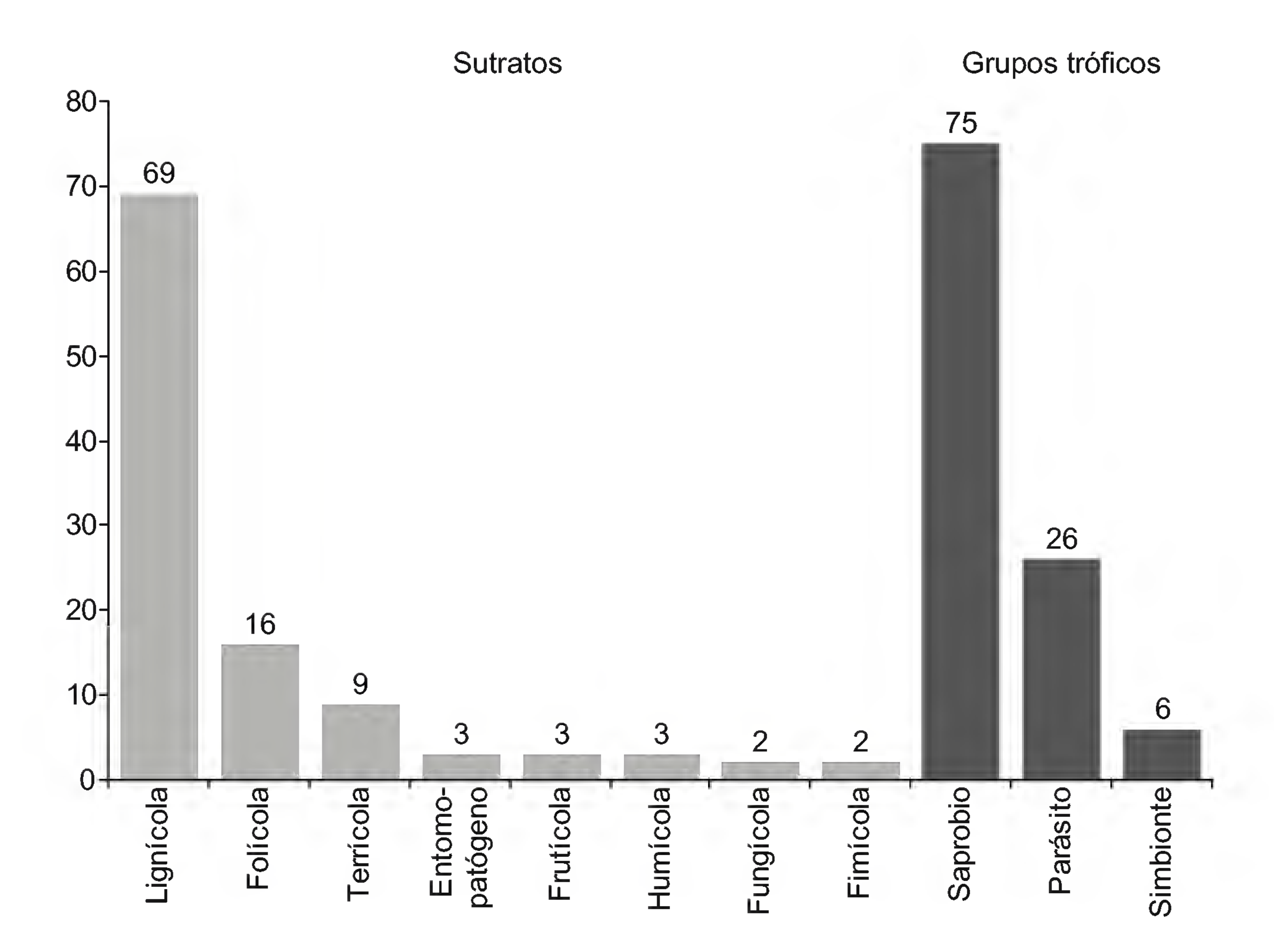


Fig. 2. Número de especies de Ascomycetes correspondientes a los diferentes sustratos y grupos tróficos.

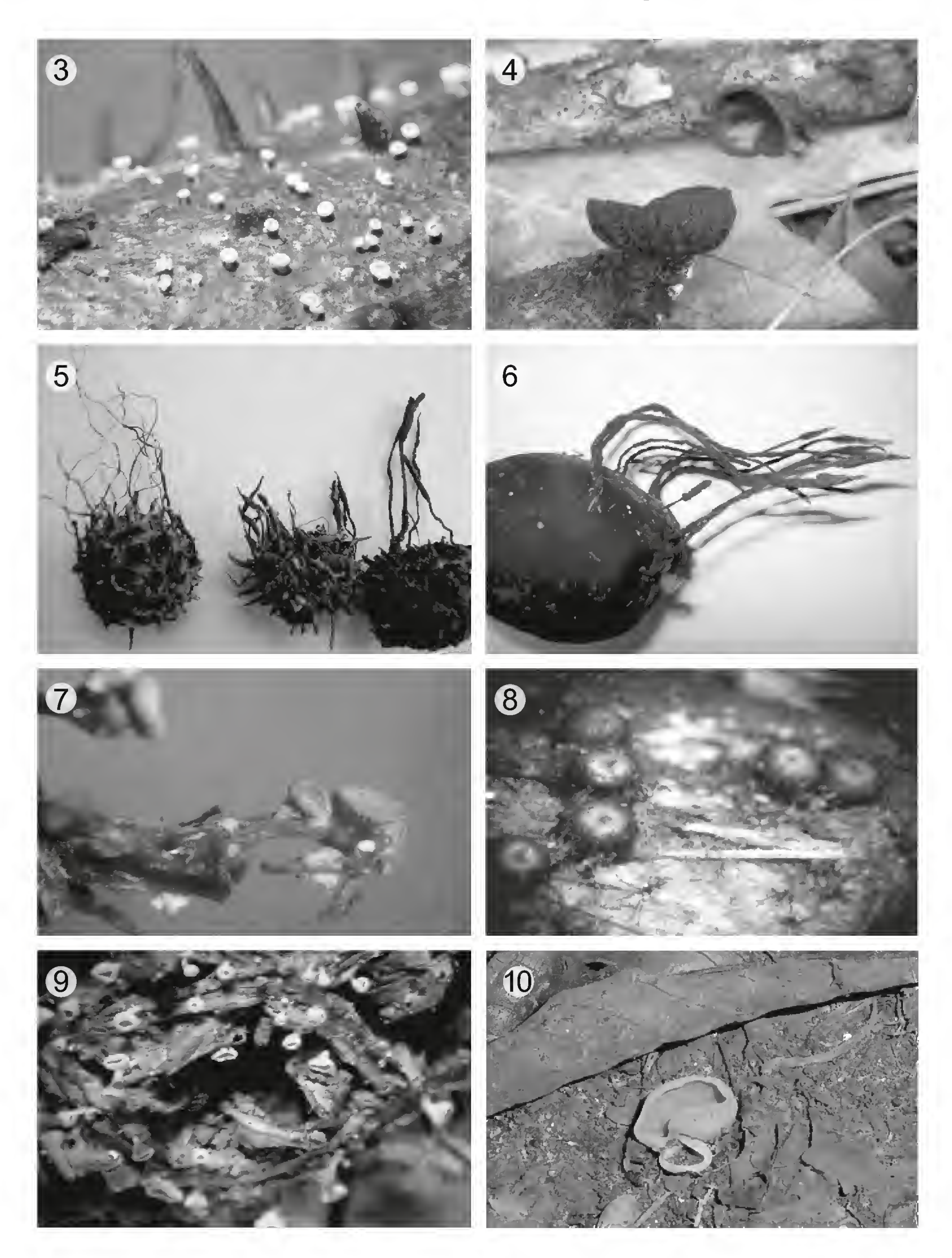
y *Rubus* no son propiamente típicas o comunes en el bosque mesófilo conservado, encontrándose muchas veces de manera marginal o en la vegetación secundaria derivada (Standley y Williams, 1973; Calderón de Rzedowski, 1979; Nee, 1993; Pohl, 1994). Las de otros géneros sí son característicos del BMM, como los helechos arborescentes de los géneros *Alsophila* y *Cyathea* o las de *Liquidambar*, *Magnolia* y *Platanus* entre las angiospermas. De acuerdo con Rzedowski (1996), la familia Cyatheaceae es considerada casi exclusiva de este tipo de vegetación. Recientemente Medel y Lorea-Hernández (2008) y anteriormente Haines (1980) citaron varias especies de *Lachnum* (Fig. 3) habitando helechos arborescentes de México. Otro de los géneros comunes en este bosque es *Plectania* (Fig. 4) que se caracteriza por los ascomas de color negro brillante, creciendo sobre ramas de *Quercus* spp., tiradas en el suelo.

Existen muchas especies de *Xylaria* citadas de BMM; sin embargo, como lo hicieron notar San Martín y Rogers (1995), la mayoría de ellas prosperan en hospederos en avanzado estado de descomposición que son difíciles de determinar.

Cuadro 1. Géneros de Ascomycetes asociados a familias y géneros de plantas del BMM.

Género de ascomycete	Familia de plantas*	Género
Lachnum	Altingiaceae	*Liquidambar*
Pseudocersopora		
Xylaria		
Gnomonia	Betulaceae	*Carpinus*
Meliola	Celastraceae	**Crossopetalum*
Meliola	Convolvulaceae	*Ipomoea*
Lachnum	Cyatheaceae	*Alsophila*
		Cyathea
Lachnum	Blechnaceae	*Blechnum*
Lachnum	Marattiaceae	*Marattia*
Lachnum	Thelypteridaceae	*Thelypteris*
Meliola	Fabaceae	*Mimosa*
Byssosphaeria	Fagaceae	*Quercus*
Hymenoscyphus		
Irenopsis		
Mollisia		
Plectania		
Propolomyces		
Sphaerotheca		
Xylaria		
Meliola	Gramineae	**Setaria*
Meliola	Lamiaceae	**Hyptis*
Hymenoscyphus	Magnoliaceae	*Magnolia*
Xylaria		
Meliola	Meliaceae	*Trichilia*
Botryosphaeria	Miconiaceae	*Miconia*
Meliola		
Xylaria	Myrtaceae	*Eugenia*
Meliola	Piperaceae	*Piper*
Hymenoscyphus	Platanaceae	*Platanus*
Lachnum		
Meliola	Rosaceae	**Alchemilla*
		**Rubus*
Meliola	Solanaceae	**Solanum*

*Géneros de los que varias de sus especies crecen en vegetación secundaria o en zonas marginales (ecotonos) del BMM.



Figs. 3-10. 3. *Lachnum fimbriiferum* creciendo en un helecho arborescente del género *Cyathea*. 4. *Plectania platensis,* en ramas de *Quercus*. 5. *Xylaria liquidambaris,* sobre frutos de *Liquidambar*. 6. *X. arbuscula,* creciendo en frutos de *Quercus*. 7. *Patinellaria cubensis*, una especie rara del BMM, creciendo sobre estromas de *X. arbuscula*. 8. *Byssosphaeria jamicana*, sobre frutos de *Quercus*. 9. *Hymenoscyphus fructigenus* sobre frutos *de Liquidambar*.10. *Peziza succosella* especie común en el BMM del centro de Veracruz.

En el caso de aquellas que crecen en frutos, la identificación es más fácil, siempre y cuando éstos no estén muy deteriorados. Tal es el caso de *Xylaria liquidambaris* (Fig. 5) que habita frutos de *Liquidambar styraciflua*; de *Xylaria magnoliae* en los de *Magnolia dealbata*; o de especies que viven en las hojas y frutos de *Quercus* spp., como *X. arbuscula* (Fig. 6). Mención aparte merece la presencia del discomiceto *Patinellaria cubensis* (Fig. 7) que crece sobre estromas de *X. arbuscula*, ya que este hongo a nivel mundial ha sido citado en raras ocasiones y se encontró en BMM (Medel y Chacón, 1988a). Otro de los Ascomycetes poco frecuentes es *Byssosphaeria jamaicana* (Fig. 8), que habita en frutos de encino. Algunos hongos del orden Helotiales son más o menos comunes en las localidades registradas, como *Hymenoscyphus fructigenus* (Fig. 9) en frutos de *Platanus*, *Magnolia* y *Quercus*. Dentro de los Pezizales, la especie terrícola *Peziza succosella* (Fig. 10) es muy abundante en los meses de mayo a agosto en el BMM del centro de Veracruz.

DISCUSIÓN

De las 107 especies citadas en este trabajo, solamente ocho (Cuadro 2) fueron descritas del BMM de nuestro país. De éstas, *Morchella rufobrunnea* se ha citado de México, Oregon y California (Guzmán y Tapia, 1998; Kuo, 2008). Las siete restantes solo se conocen de las localidades de donde fueron descritas. Aunque este estudio incluyó todas las citas para el territorio de la República, se contó con más información detallada de la parte central del estado de Veracruz, región que la autora ha explorado con mayor esfuerzo desde 1988. Concretamente las fracciones de BMM más colectadas son: Jardín Botánico Francisco J. Clavijero y Parque Ecológico El Haya, del municipio de Xalapa; paraje El Chivizcoyo en la Congregación Los Capulines y Rancho Agüita Fría, municipio de San Andrés Tlalnelhuayocán; Campestre San Rafael, región de Zoncuantla, municipio de Coatepec; y Granja Santa Bárbara, municipio de Rafael Lucio. Algunas de estas localidades corresponden a fragmentos de BMM conservado, presentes en la región oeste de Xalapa (Williams-Linera et al., 2002).

Hyde et al. (2007) caracterizaron varios niveles de asociación de hongos saprobios-hospedero. Cuando reiteradamente se hallaron las mismas especies de hongos asociados a las mismas estructuras del hospedero, denominaron “recurrente” a este tipo de relación. Con base en el análisis de la información obtenida en este trabajo, se puede inferir cierta “recurrencia” (sensu Hyde et al., 2007) en algunos casos de asociación hongo-hospedero, como en el género *Lachnum* de la familia Hyaloscyphaceae, que se consideraría recurrente en el raquis foliar de *Alsophila fir-*

Cuadro 2. Especies de Ascomycetes descritas del BMM de México.

Especies	Estado	Referencia
Crocicreas sessilis	Oaxaca	Samuels y Rogerson, 1990
Dimeriella polypodii	Oaxaca	Samuels y Rogerson, 1990
Morchella rufobrunnea	Veracruz	Guzmán y Tapia, 1998
Xylaria eugeniae	Tamaulipas	San Martín et al., 1997
X. jaliscoensis	Jalisco	Rogers et al., 2002
X. michoacana	Michoacán	San Martín et al., 2001
X. subcoccophora	Tamaulipas	San Martín et al., 2001
X. tumulosa	Chiapas	San Martín et al., 2001

ma y *Cyathea bicrenata* (ambos helechos arborescentes de la familia Cyatheaceae, típicos del BMM), y en *Xylaria liquidambaris* o *X. magnoliae* recurrentes en frutos de *Liquidambar styraciflua* y *Magnolia dealbata.* Por su parte, las especies parásitas de los géneros *Meliola, Irenopsis* y *Asteridiella* no se consideran recurrentes, ya que por su relación trófica siempre estarán asociadas a sus hospederos.

Finalmente, para poder tener una idea más clara de las relaciones ecológicas de los ascomycetes en el BMM, es necesario: 1) intensificar las colectas, 2) determinar su grupo trófico y en qué sustratos crecen; sobre esto último la búsqueda bibliográfica evidenció que es raro que los colectores identifiquemos hasta género o especie los árboles a los que se asocian los hongos, 3) identificar si están asociados a una estructura particular de su hospedero (tronco, rama, hojas, fruto, madera en descomposición). La carencia de esta información impide inferir con certeza si un hospedero determinado puede albergar la misma comunidad de hongos en regiones diferentes. También se carece de datos en México sobre si existe alguna especificidad entre los hongos (en particular los saprobios) y la categoría taxonómica de la planta (familia, género o especie). Tomar en cuenta todo lo anterior nos permitiría avanzar mucho sobre el conocimiento de la relación planta-hongo dentro del BMM.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Gastón Guzmán por su invaluable ayuda en la consulta de la colección de hongos del herbario XAL del Instituto de Ecología, al técnico de la misma Juan Lara Carmona por su apoyo en el trabajo de herbario, y especialmente al Dr. Fran-

cisco Lorea por sus atinados comentarios y ayuda en la información botánica. Al Biól. Ranulfo Castillo se le agradece la elaboración de las tablas y la edición de las gráficas y figuras.

LITERATURA CITADA

Bautista, N., S. Chacón y G. Guzmán. 1986. Ascomycetes poco conocidos de México, III. Especies del estado de Morelos. Rev. Mex. Mic. 2: 85-104.

Bubbs, P., I. May, L. Miles y J. Sayer. 2004 Cloud forest agenda. United Nations Environment Programme - World Conservation Monitoring Centre. Cambridge, UK. En línea http://www.unep-wcmc.org/medialibrary/2010/09/10/a7c88b36/Cloud_Forest.pdf

Calderón de Rzedowski, G. 1979. *Alchemilla*. In: Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski (eds.). Flora fanerogámica del Valle de México. Vol 1. editorial CECSA. México, D.F., México. pp. 262-265.

Carrión, G. y S. Chacón. 1984. Nuevos registros de Ascomycetes fitopatógenos en México. Bol. Soc. Mex. Mic. 19: 193-199.

Carrión, G. y S. Chacón. 1985. Primer registro en México de *Botryosphaeria ribis* y *Mammiania fimbriata* (Ascomycetes). Rev. Mex. Mic. 1: 345-348.

Carrión, G. y S. Chacón. 1993. Primer registro de *Balansia cyperi* (fungi) en México. Rev. Mex. Mic. 9: 165-167.

Cibrián T. D., D. Alvarado y S. E. García. 2007. Enfermedades forestales en México/ Forest Diseases in Mexico. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 587 pp.

Chacón, S. y F. Cruz. 1999. Descripción de 13 nuevos registros de mildiús negros (Meliolales) del estado de Veracruz, México. Rev. Mex. Mic. 15: 23-36.

Chacón, S. y G. Guzmán. 1983a. *Penzigia conostoma* y *Penzigia enteroleuca* (Ascomycetes, Pyrenomycetes, Sphaeriales) en México. Bol. Soc. Mex. Mic. 18: 29-32.

Chacón, S. y G. Guzmán. 1983b. Ascomycetes poco conocidos de México. Bol. Soc. Mex. Mic. 18: 183-218.

Chacón, S. y R. Medel. 1988. Ascomycetes lignícolas de México I. Diatrypales. Rev. Mex. Mic. 4: 323-331.

Chacón, S. y R. Medel. 1992. Ascomycetes poco conocidos de México VI. Algunos Discomycetes y Pyrenomycetes. Rev. Mex. Mic. 8: 55-62.

Chacón, S. y R. Medel. 1993. Los hongos (principalmente macromicetos) registrados en el bosque mesófilo de montaña de México. In: Marmolejo, J. y F. Garza-Ocañas. Contribuciones micológicas en homenaje al Biólogo José Castillo Tovar, por su labor en pro de la micología mexicana. Número Especial 13. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, México. pp. 61-110.

Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México y Agrupación Sierra Madre. México, D.F. México. 847 pp.

Challenger, A. y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres. In: Capital natural de México, Vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., México. pp. 87-108.

Díaz-Barriga, H. y S. Chacón. 1992. Nuevo registro del género *Microglossum* (Ascomycotina, Geoglossaceae) para la micoflora mexicana. Acta Bot. Mex. 20: 5-8.

García, J. y A. López. 1993. *Podosordaria mexicana* y *P. leporina*. Centro de Genética Forestal, Universidad Veracruzana. Notas Técnicas No. 7: 1-2.

Guzmán, G. y F. Tapia. 1998. The known morels in Mexico, a description of a new blushing species, *Morchella rufobrunnea* and new data on *M. guatemalensis*. Mycologia 90: 705-714.

Guzmán, G., M. A. Morón, F. Ramírez-Guillén y J. H. D. Wolf. 2001. Entomogenous *Cordyceps* and related genera from Mexico with discussions on their hosts and new records. Mycotaxon 78: 115-125.

Haines, J. H. 1980. Studies in the Hyaloscyphaceae I. Some species of *Dasyscyphus* on tropical ferns. Mycotaxon 11: 189-216.

Heredia, G. 1989. Estudio de los hongos de la Reserva de la Biosfera El Cielo, Tamaulipas. Consideraciones sobre la distribución y ecología de algunas especies. Acta Bot. Mex. 7: 1-18.

Hyde, K. D., B. Bussaban, B. Paulus, P. W. Crous, S. Lee, E. H. C. Mckenzie, W. Photita y S. Lumyong. 2007. Diversity of saprobic microfungi. Biodiv. Conserv. 16: 7-35.

Johnston, F. R. y D. W. Minter. 1989. Structure and taxonomic significance of the ascus in the Coryneliaceae. Myc. Res. 92(4): 422-430.

Ju, Y.-M. y J. D. Rogers. 1996. A revision of the genus *Hypoxylon*. Mycologia Memoirs 20, American Phytopathological Society Press. St. Paul, Minnesota, USA. 365 pp.

Ju, M-Y., J. D. Rogers y F. San Martin. 1997. A revision of the genus *Daldinia*. Mycotaxon 61: 243-293.

Kuo, M. 2008. *Morchella tomentosa*, a new species from western North America, and notes on *M. rufobrunnea*. Mycotaxon 105: 441-446.

López, A. y J. García. 2001a. *Orbilia sarraziniana*. Funga Veracruzana 40: 1-2. http://fungavera.com/fungavera/funga%20pdf/40_Orbilia% 20sarraziniana. pdf

López, A. y J. García. 2001b. *Trichophaea boudieri*. Funga Veracruzana 37: 1-2. fungavera.com/fungavera/funga%20pdf/37_Trichophaea.pdf

López, A. y J. García. 2002. *Stictis radiata* Funga Veracruzana 67: 1-2 http://fungavera.com/fungavera/funga%20pdf/67_Stictis_radiata.pdf

López, A. y J. García. 2010. *Hyalorbilia inflatula*. Funga Veracruzana 106: 1-4.http://fungavera.com/fungavera/funga%20pdf/106-HYALORINFLA. pdf

Medel, R. 2007a. Ascomycetes citados de México IV: 1996-2006. Rev. Mex. Mic. 25: 69-76.

Medel, R. 2007b. First record of the genus *Byssosphaeria* (Pleosporales) in Mexico. Mycotaxon 100: 247-250.

Medel, R., y F. D. Calonge. 2004. Aportación al conocimiento de los discomicetes de México, con especial referencia al género *Helvella*. Bol. Soc. Micol. Madrid 28: 151- 159.

Medel, R., F. D. Calonge y G. Guzmán. 2006. Nuevos registros de Pezizales (Ascomycota) de Veracruz. Rev. Mex. Mic. 23: 83-86.

Medel, R. y F. Lorea-Hernández. 2008. Hyaloscyphaceae growing on tree ferns. Mycotaxon 106: 209-217.

Medel, R., G. Guzmán y S. Chacón. 1995. New data on the genus *Wynnea* in Mexico. Mycotaxon 55: 295-299.

Medel, R., G. Guzmán, S. Chacón y R. P. Korf. 1996. *Iodowynnea*, a new genus of the Pezizales known from Africa and tropical America. Mycotaxon 59: 127-135.

Medel, R., G. Guzmán y S. Chacón. 1999. Especies de macromicetos citadas de México. IX. Ascomycetes parte III: 1983-1996. Acta Bot. Mex. 46: 57-72.

Medel, R., G. Guzmán y R. Castillo. 2008. Las especies de *Xylaria* (Ascomycota, Xylariaceae) conocidas de Veracruz, México y discusión de nuevos registros. Rev. Mex. Mic. 28: 101-118.

Medel, R. y S. Chacón. 1988a. Primer registro en México de *Patinellaria cubensis* (Discomycetes, Helotiales) y su asociación con *Xylaria arbuscula*. Rev. Mex. Mic. 4: 251-254.

Medel, R. y S. Chacón. 1988b. Ascomycetes lignícolas de México, II. Algunos Pyrenomycetes y Discomycetes. Mic. Neotrop. Aplic. 1: 87-96.

Medel, R. y S. Chacón. 1992. Ascomycetes lignícolas de México III. Algunos Sphaeriales. Int. J. Mycol & Lichenol. 5: 253-260.

Medel, R. y S. Chacón. 1997. Ascomycetes poco conocidos de México VIII. Algunas especies del bosque mesófilo de Veracruz. Acta Bot. Mex. 39: 43-52.

Medel, R. y S. Chacón. 2000. Contribución al conocimiento del género *Plectania* (Pezizales, Sarcosomataceae) en México. Acta Bot. Mex. 50: 11-19.

Medel, R., S. Chacón y G. Guzmán. 1989. Especies conocidas y nuevos registros de *Hypoxylon* (Sphaeriales, Xylariaceae) en México. Rev. Mex. Mic. 5: 149-168.

Nee, M. 1993. Solanaceae II (*Solanum*). Flora de Veracruz 72: 1-158.

Pérez-Silva, E. 1978. Nuevos registros del género *Cordyceps* (Pyrenomycetes) en México. Bol. Soc. Mex. Mic. 12: 19-25.

Pérez-Silva, E. 1983. Distribución de algunas especies del género *Hypoxylon* (Pyrenomycetes) en México. An. Inst. Biol. Univ. Nac. Aut. Méx., Ser. Bot. 54: 1-22.

Pérez-Silva, E. Aguirre-Acosta y T. Herrera. 1983. Distribución e importancia de algunas especies de *Hypomyces* (Hypocreales) en México. An. Inst. Biol. Univ. Nac. Aut. Méx.,, Ser. Bot. 54: 203-218.

Pohl, R. W. 1994. *Setaria*. In: Davidse, G., M. Sousa y A. O. Chater (eds.). Flora Mesoamericana. Vol 6. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. pp. 359-363.

Pompa-González, A. y J. Cifuentes. 1991. Estudio taxonómico de los Pezizales de los estados de Guerrero, Hidalgo, Estado de México y Michoacán. Rev. Mex. Mic. 7: 87-112.

Rinaldi, A. C., O. Commandini y T. W. Kuyper. 2008. Ectomycorrihizal fungal diversity separating the wheat from the chaff. Fung. Div. 33: 1-45.

Rodríguez, O., L. Guzmán-Dávalos y L. S. Vásquez. 1993. Nuevos registros de hongos para México. Micol. Neotrop. Apl. 6: 61-71.

Rogers, J. D., F. San Martín y Y.-M. Ju. 2002. A reassessment of the *Xylaria* on *Liquidambar* fruits and two new taxa on *Magnolia* fruits. Sydowia 54: 91-97.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México, D.F., México. 432 pp.

Rzedowski, J. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular del bosque mesófilo de montaña en México. Acta Bot. Mex. 35: 25-44.

Samuels, G. J., C. Rogerson. 1990. Some Ascomycetes (fungi) occurring on tropical ferns. Brittonia 42(2): 105-115.

Sánchez-Jacóme, M. R. y L. Guzmán-Dávalos. 2005. New records of Ascomycetes from Jalisco, México. Mycotaxon 92: 177-191.

Sánchez, M. y G. Carrión. 1992. Nuevos registros de mildiús negros (Meliolales). Rev. Mex. Mic. 8: 27-42.

San Martín, F. y J. D. Rogers. 1989. A preliminary account of *Xylaria* of Mexico. Mycotaxon 34: 283-374.

San Martín, F. y J. D. Rogers. 1993. *Biscogniauxia* and *Camillea* in Mexico. Mycotaxon 47: 229-258.

San Martín, F. y J. D. Rogers. 1995. Notas sobre la historia y relaciones de hospedante y distribución del género *Xylaria* (Pyrenomycetes, Sphaeriales) en México. Acta Bot. Mex. 30: 21-40.

San Martín, F. y J. D. Rogers. 1996. A preliminary list of Xylariaceous fungi at El Cielo Biosphere Reserve, in Tamaulipas, Mexico. Acta Bot. Mex. 37: 23-31.

San Martín, F., J. D. Rogers y P. Lavín. 1997. Algunas especies de *Xylaria* (Pyrenomycetes, Sphaeriales) habitantes en hojarasca de bosques mexicanos. Rev. Mex. Mic. 13: 58-69.

San Martín F., Y.-M. Ju y J. D. Rogers. 1999. Algunas especies de *Hypoxylon* (Pyrenomycetes, Xylariaceae) en México. Acta Bot. Mex. 47: 31-53.

San Martín, F., J. D. Rogers y P. Lavín. 2001. Some species of *Xylaria* (Hymenosmycetes, Xylariaceae) associated with oak. Mycotaxon 79: 337-360.

San Martín, F. y P. Lavín. 1997. Los Ascomycetes *Acantonitschkea, Corynelia, Lopadostoma* y *Camarops* en México. Acta Bot. Mex. 41: 31-41.

Standley, P. C. y L. O. Williams. 1973. *Hyptis*. Flora of Guatemala. Fieldiana Bot. 24 (9): 246-259.

Welden, A. L. y P. Lemke. 1961. Notas sobre algunos hongos mexicanos. Bol. Soc. Bot. Méx. 26: 1-24.

Williams-Linera, G., R. Manson y E. Isunza. 2002. La fragmentación del bosque mesófilo de montaña y patrones de uso del suelo en la región oeste de Xalapa, Veracruz, México. Madera y Bosques 8(1): 73-89.

Williams-Linera, G. 2007. El bosque de niebla del centro de Veracruz: Ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad - Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México. 208 pp.

Recibido en agosto de 2011.

Reactivado en marzo de 2012.

Aceptado en abril de 2013.

APÉNDICE

Especies de Ascomycetes citados del BMM en México.Notación: Sustrato: L = lignícola; E = entomopatógeno; Fi = fimícola; F = folícola; Fu = fungícola; Fr = frutícola; H = humícola; T = terrícola. Grupos tróficos: P = parásito; S = saprobio; SM = Simbionte micorrízico.

Especies/sustrato/grupo trófico	Distribución geográfica conocida en México	Referencia bibliográfica
Botryosphaeriales		
Botryosphaeriaceae		
Botryosphaeria ribis Grossenb. & Duggar **(L,S)**	Ver.	Carrión y Chacón, 1985
Lasiodiplodia theobromae (Pat.) Griffon & Maubl. **(L,P)**	Ver.	Medel y Chacón, 1988b
Capnodiales		
Mycosphaerellaceae		
Pseudocercospora liquidambaricola (J.M. Yen) U. Braun **(F,P)**	D.F., Edo. Méx., Hgo., Pue.	Cibrian et al., 2007
Coronophorales		
Nitschkiaceae		
Nitschkia grevillei (Rehm) Nannf. **(L,S)**	Ver.	Medel y Chacón, 1988b
Coryneliales		
Coryneliaceae		
Corynelia oreophila (Speg.) Starbäck **(L,S)**	Pue., Tamps.	San Martín y Lavín, 1997, Johnston y Minter, 1989
Diaporthales		
Gnomoniaceae		
Gnomonia fimbriata (Pers.) Fuckel **(F,S)**	Ver.	Carrión y Chacón, 1985
Melogrammataceae		
Melogramma campylosporum Fr. **(L,S)**	Ver.	Medel y Chacón, 1988b
Dothideales		
Dimeriella polypodii Samuels & Rogerson **(L,S)**	Oax.	Samuels y Rogerson, 1990
Erysiphales		
Erysiphaceae		
Sphaerotheca lanestris Harkn. **(L,P)**	Ver.	Carrión y Chacón, 1984

Apéndice. Continuación.

Especies/sustrato/grupo trófico	Distribución geográfica conocida en México	Referencia bibliográfica
Helotiales		
Helotiaceae		
Belonioscypha sessilis K.S. Thind & H. Singh **(L,S)**	Mor.	Chacón y Guzmán, 1983b
Bisporella citrina (Batsch) Korf & S.E. Carp.**(L,S)**	Ver.	Medel y Calonge, 2004
B. sulfurina (Quél.) S.E. Carp. **(L,S)**	Mor.	Chacón y Guzmán, 1983b
Crocicreas sessilis Samuels & Rogerson **(L,S)**	Oax.	Samuels y Rogerson, 1990
Patinellaria cubensis (Berk. & M.A. Curt.) Dennis **(Fu,S)**	Ver.	Medel y Chacón, 1988a
Pocillum cesatii (Mont.) De Not. **(L,S)**	Ver.	Medel y Chacón, 1992
Geoglossaceae		
Geoglossum atropurpureum (Batch) Pers. **(H,S)**	Ver.	Medel y Calonge, 2004
Microglossum olivaceum (Pers.) Gillet. **(H,S)**	Edo. Méx.	Díaz-Barriga y Chacón, 1992
Hyaloscyphaceae		
Lachnum brasiliense (Mont.) Haines & Dumont **(L,S)**	Mor., Ver.	Chacón y Guzmán, 1983b
L. corticola (Massee) M.P. Sharma **(L,S)**	Edo. Méx. Ver.	Chacón y Guzmán, 1983b; Welden y Lemke, 1961
L. fimbriiferum (Berk. & M.A. Curtis) J.H. Haines (**L,S**)	Ver.	Medel y Lorea-Hernández, 2008
L. oncospermatum (Berk. & Broome) M.L. Wu & J.H. Haines **(L,S)**	Ver.	Medel y Lorea-Hernández, 2008
L. pteridophyllum (Rodway) Spooner **(L,S)**	Oax., Ver.	Haines, 1980; Medel y Lorea-Hernández, 2008
L. singerianum (Dennis) W.Y. Zhuang & Zheng Wang **(L,S)**	Ver.	Medel y Lorea-Hernández, 2008
L. soppitii (Massee) Raitv. **(L,S)**	Ver.	Medel y Calonge, 2004
L. varians (Rehm) M.P. Sharma **(L,S)**	Chis., Ver.	Medel y Lorea-Hernández, 2008
Dermataceae		
Belonopsis obscura (Rehm) Aebi **(L,S)**	Mor.	Chacón y Guzmán, 1983b

Apéndice. Continuación.

Especies/sustrato/grupo trófico	Distribución geográfica conocida en México	Referencia bibliográfica
Mollisia undulatodepressula (Feltgen) Le Gal & F. Mangenot **(L,S)**	Ver.	Medel y Chacón, 1997
Hypocreales		
Clavicipitaceae		
Balansia cyperi Edgerton **(F,P)**	Ver.	Carrión y Chacón, 1993
Cordycipitaceae		
Ophiocordyceps dipterigena (Berk. & Broome) G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones & Spatafora **(E,P)**	Ver.	Guzmán et al., 2001
O. gracilis (Grev.) G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones & Spatafora **(E,P)**	Jal.	Rodríguez et al., 1993
O. entomorrhiza (Dicks.) G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones & Spatafora **(E,P)**	Ver.	Pérez-Silva, 1978
Hypocreaceae		
Hypomyces. luteovirens (Fr.) Tul. & C. Tul. **(Fu,P)**	Edo. Méx., Mor.	Pérez-Silva et al., 1983
Leotiales		
Leotiaceae		
Bulgaria inquinans (Pers.) Fr. **(L,S)**	Mor.	Bautista et al., 1986
Meliolales		
Meliolaceae		
Appendiculella calostroma (Desm.) Höhn. **(F,P)**	Ver.	Sánchez y Carrión, 1992
Asteridiella anastomosans (G. Winter) Hansf. **(F,P)**	Ver.	Sánchez y Carrión, 1992
A. melastomatacearum (Speg.) Hansf. **(F,P)**	Ver.	Sánchez y Carrión, 1992
A. toroana (Cif.) Hansf. **(F,P)**	Ver.	Sánchez y Carrión, 1992
Irenopsis costaricensis F. Stev. **(F,P)**	Ver.	Chacón y Cruz, 1999
I. tortuosa (Wint.) Stevens **(F,P)**	Ver.	Sánchez y Carrión, 1992
Meliola ambigua Pat. & Gaillard **(F,P)**	Ver.	Sánchez y Carrión, 1992
M. agavicola Mig. Rodr. & Camino **(F,P)**	Ver.	Chacón y Cruz, 1999
M. malacotricha Speg. **(F,P)**	Ver.	Sánchez y Carrión, 1992

Apéndice. Continuación.

Especies/sustrato/grupo trófico	Distribución geográfica conocida en México	Referencia bibliográfica
M. mimosacearum Hansf. **(F,P)**	Ver.	Sánchez y Carrión, 1992
M. panici var. *panicicola* (Syd.) Hansf. **(F,P)**	Ver.	Chacón y Cruz, 1999
M. trichiliae Beeli **(F,P)**	Ver.	Chacón y Cruz, 1999
M. weismarensis F. Stevens **(F,P)**	Ver.	Sánchez y Carrión, 1992
Orbiliales		
Orbiliaceae		
Hyalorbilia inflatula (P. Karst.) Baral & G. Marson **(L,S)**	Ver.	López y García, 2010
Orbilia sarraziniana Boud. **(L,S)**	Ver.	López y García, 2001a
Ostropales		
Stictidaceae		
Stictis radiata (L.) Pers. **(L,S)**	Ver.	López y García, 2002
Pezizales		
Helvellaceae		
Helvella brevis (Peck) Harmaja **(T,SM)**	Ver.	Medel y Calonge, 2004
H. queletii Bres. **(T,SM)**	Ver.	Chacón y Medel, 1992
H. stevensii Peck **(T,SM)**	Mor.	Bautista et al., 1986
Morchellaceae		
Morchella rufobrunnea Guzmán & Tapia **(T,S)**	Ver.	Guzmán y Tapia, 1998
Pezizaceae		
Iodowynnea auriformis (Pat. ex Le Gal) Medel, Guzmán & Chacón **(T,S)**	Ver.	Medel et al., 1996
Peziza ampliata Pers. **(T,SM)**	Jal.	Sánchez-Jácome y Guzmán-Dávalos, 2005
P. succosella (Le Gal & Romagn.) M.M. Moser ex Aviz Hersh & Nemlich **(T,SM)**	Ver.	Medel et al., 2006
Pyronemataceae		
Humaria leucoloma (Hedw.) Sacc. **(T,SM)**	Ver.	Chacón y Medel, 1992
Paratrichophaea boudieri (Grelet) Bronckers **(H,S)**	Ver.	López y García, 2001b

Apéndice. Continuación.

Especies/sustrato/grupo trófico	Distribución geográfica conocida en México	Referencia bibliográfica
Sarcosomataceae		
Plectania campylospora (Berk.) Nannf. **(L,S)**	Gro.	Pompa-González y Cifuentes, 1991
P. rhytidia f. *rhytidia* (Berk.) Nannf. & Korf **(L,S)**	Ver.	Medel y Chacón, 2000
P. rhytidia f. *platensis* (Speg.) Donadini **(L,S)**	Ver.	Medel y Chacón, 2000
Sarcoscyphaceae		
Wynnea macrotis (Berk.) Berk. **(T,S)**	Ver.	Medel et al., 1995
Pleosporales		
Melanommataceae		
Byssosphaeria jamaicana (Sivan.) M.E. Barr **(L,S)**	Ver.	Medel, 2007b
Rhytismatales		
Rhytismataceae		
Propolis farinosa (Pers.) Fr. **(L,S)**	Ver.	Medel y Chacón, 1997
Sordariales		
Lasiosphaeriaceae		
Lasiosphaeria hispida (Tode) Fuckel **(L,S)**	Ver.	Medel y Chacón, 1997
Xylariales		
Diatrypaceae		
Diatrype albopruinosa (Schwein.) Cooke **(L,S)**	Ver.	Chacón y Medel, 1988
D. capnostoma Berk. & Ravenel **(L,S)**	Qro.	Chacón y Medel, 1988
Xylariaceae		
Biscogniauxia mediterranea (De Not.) Kuntze **(L,P)**	N.L., Tamps.	San Martín y Rogers, 1993
Daldinia childiae J.D. Rogers & Y.-M. Ju **(L,P)**	Tamps.	Ju et al., 1997
D. clavata Henn. **(L,P)**	Tamps.	Ju et al., 1997
D. cudonia (Berk. & M.A. Curtis) Lloyd **(L,P)**	Ver.	Ju et al., 1997
Hypoxylon aeruginosum var. *macrosporum* J.D. Rogers **(L,S)**	Ver.	Chacón y Medel, 1992

Apéndice. Continuación.

Especies/sustrato/grupo trófico	Distribución geográfica conocida en México	Referencia bibliográfica
H. bovei var. *microsporum* J.H. Mill. **(L,S)**	Ver.	Pérez-Silva, 1983
H. fuscum (Pers.) Fr. **(L,S)**	Chis.	Pérez-Silva, 1983
H. notatum Berk. & M.A. Curtis **(L,S)**	Ver.	Medel et al., 1989
H. punctulatum (Berk. & Ravenel) Cooke **(L,S)**	Ver.	Medel et al., 1989
H. shearii Y.-M. Ju & J.D. Rogers **(L,S)**	Tamps.	San Martín et al., 1999
H. subgilvum Berk. & Broome **(L,S)**	Tamps.	Ju y Rogers, 1996
H. subrutilum Starbäck **(L,S)**	Tamps.	Ju y Rogers, 1996
H. aff. *ticinense* L.E. Petrini **(L,S)**	Tamps.	San Martin et al., 1999
Kretzschmariella culmorum (Cooke) Y.M. Ju & J.D. Rogers **(L,S)**	Qro.	Medel et al., 1989
Nemania bipapillata (Berk. & M.A. Curtis) Pouzar **(L,S)**	Qro.	Medel et al., 1989
N. effusa (Nitschke) Pouzar **(L,S)**	Tamps.	San Martín y Rogers, 1996
Penzigia berteroi (Mont.) L.W. Mill. **(L,S)**	Ver.	Medel y Chacón, 1997
P. conostoma (Mont.) J. H.Mill.**(L,S)**	Ver.	Chacón y Guzmán, 1983a
Podosordaria leporina (Ellis & Everh.) Dennis **(Fi,S)**	Ver.	Medel y Chacón, 1992
P. mexicana Ellis & Holw. **(Fi,S)**	Ver.	García y López, 1993
Thuemenella cubispora (Ellis & Holw.) Boedijn **(L,S)**	Mor.	Chacón y Guzmán, 1983b
Xylaria aenea Mont. **(L,S)**	Chis.	San Martín y Rogers, 1995
X. adscendens (Fr.) Fr. **(L,S)**	Tamps., Ver.	San Martin y Rogers, 1989; San Martin et al., 2001; Medel et al., 2008
X. apiculata Cooke **(L,S)**	Chis., Tamps.	San Martin y Rogers, 1995
X. arbuscula Sacc. **(L,S)**	Tamps., Ver.	Medel y Chacón, 1988a San Martin y Rogers, 1989
X. corniculata Sacc. **(L,S)**	Ver.	San Martin y Rogers, 1989; Medel et al., 2008

Apéndice. Continuación.

Especies/sustrato/grupo trófico	Distribución geográfica conocida en México	Referencia bibliográfica
X. enteroleuca (Speg.) P.M.D. Martín **(L,S)**	Ver.	Chacón y Guzmán, 1983a
X. eugeniae San Martín, Vanoye & P. Lavín **(F,S)**	Tamps.	San Martín et al., 1997
X. jaliscoensis San Martín, J.D. Rogers & Y.-M. Ju **(L,S)**	Jal.	Rogers et al., 2002
X. liquidambaris J.D. Rogers, Y.M Ju & F. San Martín, **(Fr,S)**	Ver.	Rogers et al., 2002 Medel et al., 2008
X. longipes Nitschke **(L,S)**	Jal., Tamps.	San Martin y Rogers, 1995
X. magnoliae J.D.Rogers **(Fr,S)**	Tamps.	Heredia, 1989
X. melanura (Lév.) Sacc. **(L,S)**	Chis.	San Martín y Rogers, 1995
X. michoacana San Martín, J.D. Rogers & P. Lavín **(L,S)**	Mich.	San Martín et al., 2001
X. microceras (Mont.) Berk. **(L,S)**	Ver.	Medel et al., 2008
X. persicaria (Schwein.) Berk. & M.A. Curtis **(Fr,S)**	Tamps., Ver.	San Martín y Rogers, 1989, 1995
X. phosphorea Berk. **(L,S)**	Tamps.	San Martín y Rogers, 1995
X. subcoccophora San Martín & P. Lavín **(L,S)**	Tamps.	San Martín et al., 2001
X. tumulosa San Martín, J.D. Rogers & P. Lavín **(L,S)**	Chis.	San Martín et al., 2001

Acta Botanica Mexicana 105: 107-129 (2013)

PLANTAS ARVENSES ASOCIADAS A CULTIVOS DE MAÍZ DE TEMPORAL EN SUELOS SALINOS DE LA RIBERA DEL LAGO DE CUITZEO, MICHOACÁN, MÉXICO

Judith Sánchez-Blanco[1,2] y Fernando Guevara-Féfer[1]

[1]Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Biología, Laboratorio de Sinecología, Morelia, Michoacán, México.
[2]Autor para la correspondencia: blancojudith@yahoo.com.mx

RESUMEN

Se muestrearon comunidades de plantas arvenses en cultivos de maíz de temporal creciendo sobre suelos con problemas de salinidad, durante el ciclo agrícola 1996 en 10 sitios de la ribera del Lago de Cuitzeo. Se registraron 133 especies correspondientes a 94 géneros y 34 familias. De estas últimas las que presentaron el mayor número de especies fueron Compositae, Gramineae, Euphorbiaceae, Solanaceae y Leguminosae que en conjunto representan más de la mitad de la riqueza específica con 63.89%. Del total de plantas, 74.43% son dicotiledóneas y 25.56% monocotiledóneas. La diversidad es menor en nuestra área de estudio en comparación con el promedio de esta medida encontrado en otras áreas no salinas de la Cuenca de Cuitzeo. De las especies, 17.3% (23) son introducidas, dominando las nativas con 82.7% (110) de América, principalmente México y áreas adyacentes. La forma de vida prevaleciente es la anual, representada por 60.90% de las plantas, seguida de la perenne 26.32%, la anual-perenne 10.53% y anual-bianual 2.25%. La similitud florística fue poco notable entre localidades, pues varió de 0.507 a 0.083 con el Índice de Sorensen. No se encontró correlación entre la composición y riqueza de especies y los factores fisicoquímicos del suelo; sin embargo, algunas presentaron preferencias de pH y textura.

Palabras clave: composición florística, malezas, parcelas agrícolas.

ABSTRACT

We sampled the weed communities of rain-fed maize growing in soils with salinity problems during the 1996 agricultural cycle in ten sites at the Lake Cuitzeo shore. We

found 133 species belonging to 94 genera and 34 families. The families with most species were Compositae, Gramineae, Euphorbiaceae, Solanaceae and Leguminosae, together representing more than half of the specific diversity, 63.89%. Dicotyledons represent 74.43% of the species, while 25.56% are Monocotyledons. Weed diversity in our study sites appear to be lower than the average diversity found in non saline sites in other areas of the Cuitzeo basin. 17.3% (23) of the species are introduced; while the remainder are plants native to the Americas 82.7% (110), principally Mexico and adjacent areas. The predominant life form is annual with 60.90%, followed by the perennial forms with 26.32%; the rest are facultative like annual-perennials 10.53% and annual-biannuals 2.25%. The floristic similarity among the sites using the Index of Sorensen varied from 0.507 to 0.083. No composition and diversity species correlation was found with physical-chemical factors of soils; however, some species showed preference to specific soil pH and texture.

Key words: floristic composition, maize plots, weeds.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el Lago de Cuitzeo ha disminuido drásticamente su profundidad y superficie hasta en 70%, afectando a 5000 familias de pescadores (Chávez, 1996a). El descenso en el nivel del agua en la época de sequía, aunado al fenómeno de hipertroficación, ha dejado al descubierto grandes superficies que conforman la ribera, impregnadas de sales poco favorables para la agricultura. Además, algunas áreas adyacentes al lago, dependiendo del nivel del agua en determinada época, son inundadas, por lo que la salinidad disminuye su fertilidad y el potencial productivo. Sin embargo, los lugareños se han visto en la necesidad de rehabilitarlas y aprovecharlas para la agricultura. La presencia de algunas plantas arvenses constituye un factor que limita el desarrollo del cultivo de maíz, ya que compiten por agua, luz y nutrientes. No obstante y a pesar de que su presencia en los cultivos puede ser nociva, cumplen funciones ecológicas importantes: son pioneras y colonizadoras en procesos de sucesión en áreas perturbadas, con sus sistemas radiculares retienen el suelo evitando la erosión, sirven de alimento a fitófagos y plagas de cultivos, proveen de néctar y polen a insectos cosechadores de miel, y fijan nitrógeno e incorporan materia orgánica ayudando a la formación del suelo (Espinosa-García, 1981; Sen, 1981).

Este grupo heterogéneo de plantas en la agricultura tradicional es parte importante de los agroecosistemas; constituyen recursos alternativos, ya que son em-

pleadas como ornato, medicamento y alimento para el hombre, forraje para el ganado y fuente de nuevos cultivares (Alanís, 1974; Espinosa-García y Díaz, 1996; Vieyra-Odilon y Vibrans, 2001). Algunas desempeñan un papel importante al influir en el crecimiento de otras malezas y/o cultivos a través de la liberación de compuestos alelopáticos, y varias permiten el desarrollo de insectos benéficos que regulan las poblaciones de aquellos que son plagas (Altieri, 1987; Torres, 1991).

El presente estudio tiene la finalidad de contribuir al conocimiento florístico y ecológico de las especies arvenses en cultivos de maíz de temporal en suelos salinos de la ribera del lago, que permita llevar a cabo estudios posteriores orientados a hacer un adecuado manejo y control de las mismas.

Descripción del área de estudio

El Lago de Cuitzeo se localiza en la parte noreste del estado de Michoacán y al sur de la Altiplanicie Mexicana, se ubica a 1820 m sobre el nivel del mar y a 20 km al norte de la capital del estado (Fig. 1). Es cruzado por las carreteras federal No. 43 y la autopista Morelia-Salamanca que comunican al norte de Michoacán con el sur del estado de Guanajuato, dividiendo al lago en dos vasos, este y oeste, unidos por un ducto que permite el paso del agua que fluye en dirección este-oeste. Se ubica geográficamente entre los paralelos 19°53'15" y 20°04'34" de latitud Norte y entre los meridianos 100°50'20" y 101°19'34" de longitud Oeste del Meridiano de Greenwich (Alvarado et al., 1984). Forma parte de los municipios de: Copándaro de Galeana, Cuitzeo, Chucándiro, Huandacareo, Queréndaro, Santa Ana Maya, Zinapécuaro y Álvaro Obregón en Michoacán, y el de Acámbaro en el estado de Guanajuato. Tiene una superficie aproximada de 1146 km^2. La cuenca del Lago de Cuitzeo se ubica en la provincia fisiográfica del Eje Volcánico Transversal y en la Cuenca Lerma-Chapala-Santiago. Originalmente era una cuenca cerrada o endorreica; debido a los fenómenos tectónicos y volcánicos, fue abierta artificialmente durante la época de la colonia, dándole una salida hacia el río Lerma por medio del canal La Cinta al norte. Tiene como principales afluentes por el sur el río Grande de Morelia y por el sureste, los ríos Zinapécuaro y Queréndaro (Chávez, 1996b).

En los alrededores del Lago de Cuitzeo predominan suelos de tipo vertisol pélico, con textura fina, abundante arcilla y gran cantidad de sal (cloruro de sodio), tequesquite (mezcla de carbonato y bicarbonato de sodio) y salmuera (mezcla de sulfato y cloruro de sodio), que impregnan los terrenos adyacentes al vaso (Corona, 1976). También se encuentran feozem háplico, feozem lúvico, litosol, vertisol pélico-fase sódica, gleysol mólico y solonchak gléyico-fase sódica con textura fina.

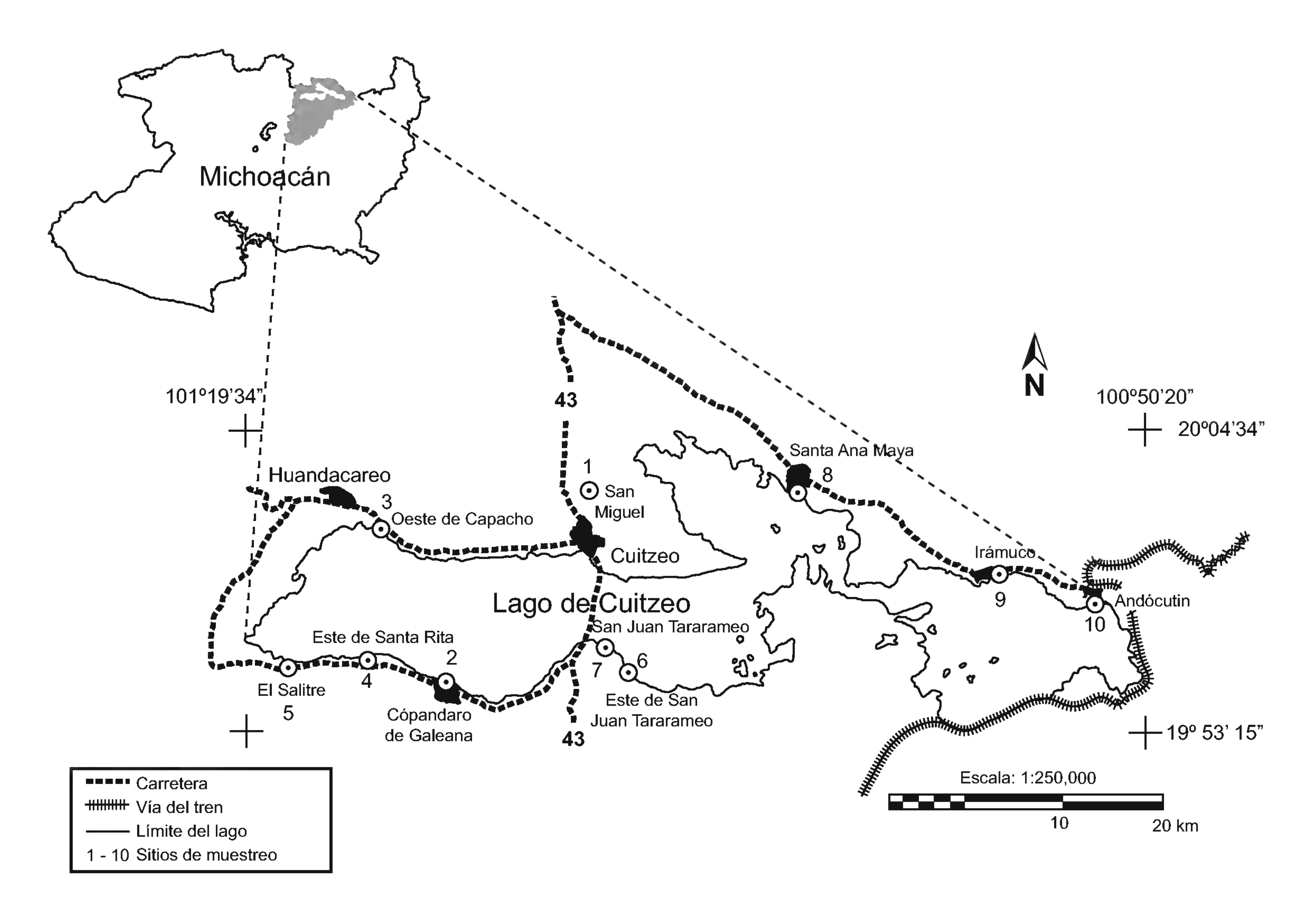


Fig. 1. Ubicación de las parcelas muestreadas.

El clima dominante en la región corresponde al Cw_o(w)b(i´)g, templado subhúmedo con lluvias en verano. Los datos climatológicos existentes corresponden a cuatro estaciones distribuidas en el área de estudio (García, 1988), los cuales se resumen en el Cuadro 1; se aprecia que la temperatura media anual varía de 16.8 °C (Copándaro) a 18.6 °C (Irámuco).

La precipitación pluvial en promedio anual registra valores de 669.8 mm (Cuitzeo) a 959 mm (Chucándiro), el mes más lluvioso es julio y el más seco marzo. El sector norte y oriente es el más seco, y el sur y poniente el más húmedo.

En las inmediaciones del lago se reconocen tres tipos de vegetación: pastizal halófilo, bosque espinoso, bosque tropical caducifolio, este último con cuatro facetas (variante típica, así como tres etapas secundarias, a mencionar matorral subtropical, matorral espinoso y pastizal inducido). El bosque tropical caducifolio y sus fases sucesionales ocupan la mayor superficie en los lomeríos que rodean la zona de estudio (Guevara-Féfer, 1995).

Cuadro 1. Resumen de los datos climáticos de las estaciones ubicadas en la ribera del Lago de Cuitzeo (García, 1988).

Estación climática	Altitud (m)	Temperatura promedio anual	Precipitación anual	Subtipo
Copándaro	1826	16.8 °C	788.1 mm	$Cb(w_1)w(i')g$
Cuitzeo	1831	17.9 °C	669.8 mm	$Cb(w_o)(w)(e)g$
Chucándiro	1840	17.4 °C	959 mm	$Cb(w_1)(w)(e)g$
Irámuco	1870	18.6 °C	725 mm	$(A)Cb(w_o)(w)(i')g$

MÉTODOS

Se hicieron recorridos de reconocimiento del área para ubicar las parcelas agrícolas de muestreo, de acuerdo con su accesibilidad. Se ubicaron 10 sitios de inventario (Cuadro 2), tratando de abarcar las áreas de la ribera este y oeste del lago con problemas de salinidad (Fig. 1).

Los muestreos se efectuaron durante los meses de octubre y noviembre de 1996 en diferentes parcelas de maíz de temporal, que correspondieron al cierre del ciclo agrícola, cuando las comunidades de plantas arvenses han alcanzado la madurez.

Se utilizó el método de cuadros al azar, que consiste en colocar aleatoriamente cuadros (en nuestro caso círculos) repetidamente en la comunidad (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974). El área de dichos círculos fue de 0.25 m^2 c/u, considerándola como el tamaño adecuado para muestrear este tipo de vegetación, de acuerdo con los trabajos previos en la cuenca (Guevara-Féfer et al., 1984; Chávez, 1996b).

Los censos en cada milpa se iniciaron a partir de un metro de la orilla hacia el centro del cultivo para evitar el efecto de orilla. Se inventariaron 10 círculos por parcela de maíz, cubriendo una superficie total de 2.5 m^2 por solar. Todas las plantas arvenses que se encontraron se colectaron y colocaron en una bolsa de plástico debidamente etiquetada. Después se hicieron recorridos en la milpa para recolectar ejemplares de las malezas que no se habían encontrado dentro de los cuadros muestreados. Cuando fue posible se entrevistó al dueño del terreno y a los lugareños, para obtener información sobre labores culturales, el nombre común de las especies, su uso y otros datos. En el laboratorio el material colectado por sitio se separó; su identificación se hizo usando los trabajos de Rzedowski y Rzedows-

Cuadro 2. Sitios de muestreo, pH y tipos de suelo en cultivos de maíz de temporal de la ribera del Lago de Cuitzeo, Michoacán.

Sitio	Textura	pH	Tipo de suelo
1. San Miguel	Franco arenoso	8.7	Vertisol pélico+feozem salino y sódico
2. Copándaro de Galeana	Franco	8.7	Vertisol pélico
3. Oeste de Capacho	Franco arcilloso-arenoso	6.7	Vertisol pélico+litosol
4. Este de Santa Rita	Franco arcilloso	9.1	Vertisol pélico+feozem háplico
5. El Salitre	Arcilloso	7.3	Vertisol pélico+feozem háplico
6. Este de San Juan Tararameo	Franco	9.0	Vertisol pélico+feozem háplico
7. San Juan Tararameo	Arcilloso	9.0	Vertisol pélico+feozem háplico
8. Santa Ana Maya	Arcilloso	8.0	Vertisol pélico
9. Irámuco	Franco arcilloso	8.7	Vertisol pélico+feozem lúvico
10. Andócutin	Franco arcilloso	7.4	Vertisol pélico

ki (1979, 1985 y 1990), McVaugh (1983 y 1984), Beetle et al. (1983, 1987, 1991 y 1995) y Espinosa-García y Sarukhán (1997) y se cotejó con la revisión de especímenes en los herbarios del Centro Regional del Bajío, del Instituto de Ecología, A.C. (IEB) y de la Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (EBUM), donde se depositaron.

También se tomaron muestras al azar de la capa arable del suelo dentro de cada milpa para el estudio físico-químico del mismo, con un cilindro metálico de 7.8 cm de diámetro y 15 cm de largo, con capacidad de 800 g. Éstas se analizaron en el laboratorio de suelos del Distrito de Desarrollo Rural Morelia-Queréndaro No. 092.

Para definir la similitud florística se utilizó el Índice modificado de Sorensen, basado solamente en datos de ausencia-presencia de las especies en las comunidades (Krebs, 1989). El cálculo y la elaboración del respectivo dendrograma se realizó con el programa MVSP versión 3.1 (Kovach, 2005) mediante la técnica de agrupamiento por ligamiento promedio no ponderado, también conocido como método de análisis por grupos pareados no ponderado (UPGMA).

$$Is = \frac{2a}{2a + b + c}$$

a = número de especies que existen en las muestras *a* y *b*
b = número de especies presentes en la muestra *b* pero no en la *a*
c = número de especies revisadas en la muestra *a* pero no en la *b*

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registraron 133 especies incluyendo 2 subespecies, agrupadas en 94 géneros y 34 familias de fanerógamas (Apéndice). De éstas, 23 son introducidas conformando 17.3% del total, las nativas dominan con 82.7% (110 especies).

Las familias con mayor número de especies son Compositae y Gramineae con 29 cada una (21.80%), Euphorbiaceae con 14 (10.52%), Solanaceae con 7 (5.26%) y Leguminosae con 6 (4.51%), que en conjunto constituyen 63.89% del total registrado; con cuatro especies se encontraron a Polygonaceae y Malvaceae, con tres Onagraceae y Oxalidaceae, con dos Scrophulariaceae, Amaranthaceae, Commelinaceae, Convolvulaceae, Cyperaceae, Labiatae, Loasaceae, Umbelliferae, Verbenaceae; las demás familias están representadas por una sola (Cuadro 3).

Lo encontrado en el área de estudio y en otras dos zonas cercanas (Chávez y Guevara-Féfer, 2003; Bernal y Guevara-Féfer, 2003) ubica a Compositae y Gramineae como las más diversas, que junto con Euphorbiaceae, Solanaceae y Leguminosae, constituyen los grupos dominantes en los tres lugares. El género con mayor número de taxa fue *Euphorbia* con 9 especies, seguido por *Acalypha* y *Melampodium* con 4, y *Oxalis*, *Chloris*, *Panicum*, *Paspalum* y *Setaria* con 3. Estos números son similares a los obtenidos para el Valle de Morelia (Chávez y Guevara-Féfer, 2003) y mayores que los consignados para Villa Morelos (Bernal y Guevara-Féfer, 2003). Las semejanzas con el primero pueden ser atribuibles a que ambas áreas de estudio se encuentran a altitudes similares, mientras que las diferencias con la segunda se deben probablemente a que esta área se encuentra cercana a los 2500 m sobre el nivel del mar y el clima es más húmedo.

Del total de las especies 74.43% lo conforman las dicotiledóneas y el 25.56% restante las monocotiledóneas (Cuadro 4). Dichos valores son parecidos a los reportados para el Valle de Morelia y Villa Morelos en el estado de Michoacán (Chávez y Guevara-Féfer, 2003 y Bernal y Guevara-Féfer, 2003).

Cuadro 3. Participación cuantitativa de las familias de la flora estudiada, con base en el número de géneros y de especies.

Familia	Géneros	%	Especies	%
Compositae	22	23.40	29	21.80
Gramineae	18	19.15	29	21.80
Euphorbiaceae	3	3.19	14	10.52
Solanaceae	5	5.30	7	5.26
Leguminosae	5	5.30	6	4.51
Malvaceae	3	3.19	4	3.00
Polygonaceae	2	2.13	4	3.00
Onagraceae	2	2.13	3	2.25
Amaranthaceae	2	2.13	2	1.50
Commelinaceae	2	2.13	2	1.50
Cyperaceae	2	2.13	2	1.50
Labiatae	2	2.13	2	1.50
Loasaceae	2	2.13	2	1.50
Scrophulariaceae	2	2.13	2	1.50
Umbelliferae	2	2.13	2	1.50
Verbenaceae	2	2.13	2	1.50
Oxalidaceae	1	1.06	3	2.25
Convolvulaceae	1	1.06	2	1.50
Acanthaceae	1	1.06	1	0.75
Aizoaceae	1	1.06	1	0.75
Boraginaceae	1	1.06	1	0.75
Chenopodiaceae	1	1.06	1	0.75
Cruciferae	1	1.06	1	0.75
Cucurbitaceae	1	1.06	1	0.75
Nyctaginaceae	1	1.06	1	0.75
Papaveraceae	1	1.06	1	0.75
Passifloraceae	1	1.06	1	0.75
Pontederiaceae	1	1.06	1	0.75
Portulacaceae	1	1.06	1	0.75
Plantaginaceae	1	1.06	1	0.75
Plumbaginaceae	1	1.06	1	0.75
Primulaceae	1	1.06	1	0.75
Rubiaceae	1	1.06	1	0.75
Zygophyllaceae	1	1.06	1	0.75
TOTAL 34	94	100	133	100

Cuadro 4. Participación de grandes grupos taxonómicos en la flora arvense estudiada.

Clase	Familias	Géneros	Especies
Monocotiledóneas	3(8.82%)	21(22.34%)	34(25.56%)
Dicotiledóneas	31(91.18%)	73(77.66%)	99(74.43%)
TOTAL	34 (100%)	94(100%)	133(100%)

En cuanto a su forma de vida, 60.90% de las plantas son anuales, 26.32% perennes, 10.53% anuales-perennes y 2.25% anuales-bianuales. Estas cantidades son muy similares a las registradas para las dos áreas anteriormente comparadas.

El número de especies por sitio es muy variable (16 a 36), siendo mayor en la localidad Este de San Juan Tararameo (36), seguido de Santa Ana Maya (27), y la menor cantidad en El Salitre y San Juan Tararameo (16). La composición florística de las diferentes comunidades analizadas en el presente estudio no es homogénea, varía de un sitio a otro.

En relación con los valores de riqueza de especies reportados en áreas aledañas que se encuentran en suelos no salinos de la Cuenca de Cuitzeo, Chávez (1996b) encontró en su estudio del Valle de Morelia que los sitios más diversos están localizados en suelos de tipo andosol con un promedio de 40 especies, seguidos de luvisol con un promedio de 33, los de tipo acrisol con 30, y los de tipo vertisol y feozem presentan valores entre 23 y 27 especies respectivamente. Bernal y Guevara-Féfer (2003) registraron para 10 parcelas en suelos de tipo vertisol un promedio de 27.5 especies por parcela. La diversidad de plantas arvenses que crecen en los suelos salinos encontradas en el presente trabajo es menor que lo registrado en los trabajos arriba mencionados (promedio de 22 especies por sitio), lo cual sugiere que tales condiciones edáficas pueden limitar la riqueza de malezas asociadas al cultivo de maíz de temporal.

Similitud florística entre las localidades

De acuerdo con la matriz de los coeficientes de similitud de Sorensen, entre las localidades muestreadas (Cuadro 5), la mayoría de los valores son menores de 0.5, indicando una composición florística poco semejante entre los sitios estudiados, siendo el número más alto 0.507, que corresponde a Santa Ana Maya e Irámuco que tienen pH del suelo de 8.0 y 8.7 respectivamente, mientras que San Juan Tararameo y Andócutin presentan la similitud más baja 0.083; sus valores de pH del suelo son de 9.0 y 7.4 respectivamente.

Cuadro 5. Matriz de los coeficientes de similitud de Sorensen entre las diferentes localidades de muestreo. Las similitudes mínima y máxima están indicadas en gris.

Localidades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 (pH 8.7)	1									
2 (pH 8.7)	0.379	1								
3 (pH 6.7)	0.348	0.364	1							
4 (pH 9.1)	0.267	0.300	0.235	1						
5 (pH 7.3)	0.211	0.207	0.304	0.333	1					
6 (pH 9.0)	0.389	0.413	0.425	0.404	0.278	1				
7 (pH 9.0)	0.316	0.241	0.304	0.233	0.263	0.361	1			
8 (pH 8.0)	0.333	0.375	0.294	0.341	0.400	0.340	0.200	1		
9 (pH 8.7)	0.340	0.356	0.295	0.427	0.340	0.46	0.264	0.507	1	
10 (pH 7.4)	0.250	0.265	0.286	0.257	0.083	0.317	0.292	0.257	0.413	1

En el dendrograma (Fig. 2) se muestran las agrupaciones resultantes del análisis multivariado (UPGMA); se puede reconocer un primer conjunto formado por los sitios 7 y 10, el segundo está constituido por el resto de los sitios y dentro de éste se pueden reconocer dos subgrupos, uno que incluye los sitios 5, 9, 8 y 4, y el segundo los sitios 6, 3, 2 y 1.

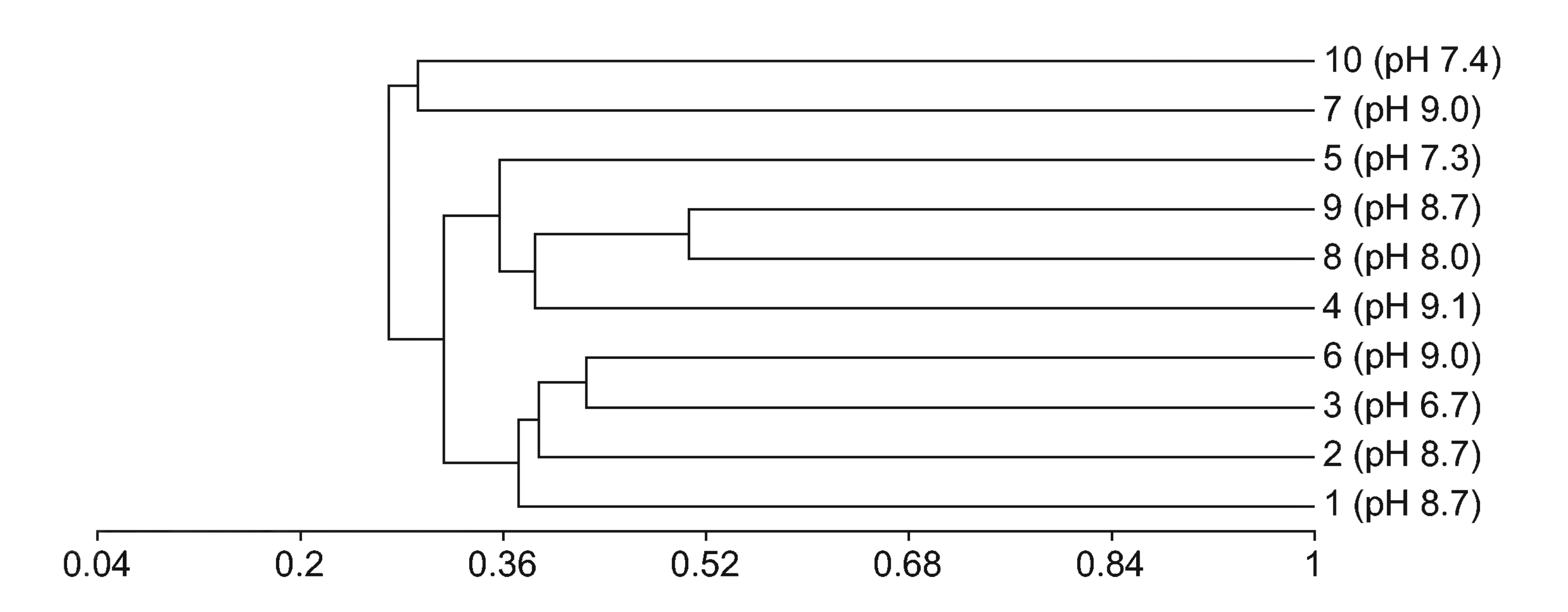


Fig. 2. Dendrograma que muestra la agrupación de localidades con base en su similitud florística. Se indican las localidades y su correspondiente valor de pH. (1 = San Miguel, 2 = Cópandaro de Galeana, 3 = Oeste de Capacho, 4 = Este de Santa Rita; 5 = El Salitre, 6 = Este de San Juan Tararameo, 7 = San Juan Tararameo, 8 = Santa Ana Maya, 9 = Irámuco, 10 = Andócutin).

También se hicieron comparaciones con otras áreas que, al igual que la del presente estudio, forman parte de la Cuenca de Cuitzeo y en las cuales se utilizó la misma metodología de muestreo. El mayor valor de similitud de especies fue con el Valle de Morelia (0.398), y le sigue Villa Morelos (0.306); estas divergencias se deben a diferentes características ambientales propias de cada región, especialmente el suelo y clima, así como a distintas labores de manejo y control en cada área (Cuadro 6).

Relaciones y orígenes de la flora arvense

Con respecto a las relaciones y orígenes de la flora arvense de la ribera del Lago de Cuitzeo, se pueden reconocer dos grupos. El primero está constituido por plantas introducidas, provenientes de áreas tan lejanas como Europa, África, Asia, Sudamérica y otras (Villaseñor y Espinosa-García, 2004 y Rzedowski, 1991). Tal conjunto suma 23 especies, es decir 17.3% del total, siendo la principal fuente Eurasia. Este relativamente bajo porcentaje coincide con lo estimado por Rzedowski (1991) y Chávez y Guevara-Féfer (2003), quienes encuentran que el elemento autóctono de la flora arvense es dominante sobre el introducido.

El segundo grupo está conformado por las plantas nativas que suman 110 especies (82.7%), las cuales se distribuyen en diferentes sectores del continente americano y en climas predominantemente tropicales. De éstas, al menos la cuarta parte tiene un área restringida a México, o bien, a México y los estados limítrofes de Estados Unidos y Guatemala (Megaméxico 1 y Megaméxico 2, según Rzedowski, 1991). Estas últimas constituyen el elemento autóctono del país y representan cerca de la tercera parte del total de especies encontradas.

Del listado que proporcionan Rojas y Novelo (1995), de la flora y vegetación acuática del Lago de Cuitzeo; 18 especies se encontraron en el presente estu-

Cuadro 6. Similitud entre las floras arvenses de áreas vecinas y de la ribera del Lago de Cuitzeo, Michoacán.

Área	Autores	Núm. de especies	Especies compartidas	Índice de similitud
Valle de Morelia, Michoacán	Chávez, 1996	189	64	0.398
Villa Morelos, Michoacán	Bernal y Guevara-Féfer, 2003	98	34	0.306

dio. La mayor parte son tolerantes al medio acuoso (bajo condiciones ecológicas de alta salinidad y perturbación, cubriendo grandes áreas en el borde del lago) como *Amaranthus hybridus*, *Heliotropium curassavicum*, *Chenopodium murale*, *Tripogandra purpurascens*, *Flaveria trinervia*, *Sanvitalia procumbens*, *Chloris virgata*, *Oenothera pubescens*, *Plantago major* y *Solanum americanum*.

En la categoría de subacuáticas a tolerantes se encuentran *Echinochloa colonum* y *Echinochloa crus-galli*, las cuales presentan valores de abundancia altos dentro de los cultivos. Como subacuáticas enraizadas emergentes tenemos a *Eclipta prostrata*, *Bacopa monnieri* e *Hydrocotyle ranunculoides* (a veces de hojas flotantes), así como a *Schoenoplectus americanus* y *Leersia hexandra*; como acuática libremente flotadora se registra a *Eichhornia crassipes*.

Rojas y Novelo (1995) reportan también que las especies de esta última categoría cubren grandes áreas con altos contenidos de sales en el borde del lago durante períodos de sequía. Tal hecho favorece su colonización y establecimiento en los cultivos.

Nuevos registros

En el Apéndice, las especies marcadas con asterisco y el signo de más suman 32 y se consideran nuevos registros como plantas arvenses de cultivos de maíz, de acuerdo con los listados consultados para el país (Villaseñor y Espinosa-García, 1998); de la cuenca (Chávez y Guevara-Féfer, 2003) y otras regiones del mundo (Holm et al., 1979; Marzocca, 1976); de éstas habría que excluir a aquellas (principalmente) leñosas y herbáceas perennes que más bien son colonizadoras de campos abandonados o de vestigios de vegetación natural (+). Excluyendo las últimas, quedan 27 como posibles nuevos registros de plantas arvenses en cultivos de maíz de temporal para México. Estas especies presentan valores de abundancia muy bajos, por lo que su contribución a la estructura de la comunidad es mínima. Sin embargo, pueden colonizar el hábitat agrícola y por lo tanto ser calificadas como arvenses ocasionales. De la mayoría se desconoce su potencial dañino y época de invasión al hábitat agrícola en la zona de estudio; aunque existen registros del grado de nocividad de algunas como *Eichhornia crassipes* y *Bacopa monnieri*, que son consideradas como malezas perjudiciales en otros países (Holm et al., 1979).

Relaciones de la riqueza y composición de especies con el suelo

Algunos autores (Mahmood et al., 1994; Jakhar et al., 2005) han resaltado la importancia que las diferentes características edáficas ejercen en los cambios de es-

tructura y composición florística en las comunidades de malezas que se desarrollan en suelos salinos. Con el objeto de explorar las relaciones existentes entre algunos factores fisicoquímicos del suelo y la riqueza de especies en la región de estudio se realizaron las correlaciones correspondientes sin que se vislumbrara alguna tendencia que permita establecer el efecto de ciertos rasgos edáficos sobre dicha diversidad.

Sin embargo, al explorar las preferencias que tienen las plantas por los diferentes tipos de textura y pH, se encontró que del total de 133 especies, 17 se distribuían exclusivamente en suelos de textura franco arcillosa, 17 en los de la arcillosa, 4 en los de la franco arcilloso-arenosa, 3 en los de franco arenosa y 12 en los de la franco (Cuadro 7).

Con respecto a las tolerancias de pH (ver Cuadro 8), resulta claro que un buen contingente de especies (31) soportan alcalinidad elevada (más de 8.0), especialmente las 13 de la última columna que crecen en sitios con valores de pH de 9.0 o más. De estas 31 plantas, 16 pertenecen a las familias Compositae (8) y Gramineae (8). Del total de las 42 especies que se encontraron con una marcada preferencia por algún tipo de pH, no se observaron poblaciones con abundancia considerable, con excepción de *Acalypha subviscida* y *Flaveria trinervia*.

El significado de estas preferencias deberá ser evaluado en investigaciones posteriores, pero es de esperar que con la tendencia a la desecación del cuerpo de agua del Lago de Cuitzeo, las especies tolerantes a la salinidad son posibles colonizadoras de los suelos emergentes; se sugiere realizar investigaciones tendientes a conocer la biología de estas plantas, especialmente de aquellas que presentan un potencial de uso importante como los pastos (forrajeros), las comestibles, las medicinales y las que retienen el suelo, que podrían contribuir a la restauración ecológica.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Dr. Francisco Javier Espinosa la revisión y sugerencias al manuscrito, así como la traducción del resumen; al Dr. Victor W. Steinmann por la revisión y corrección de la identificación de plantas de la familia Euphorbiaceae, y a dos árbitros anónimos que mejoraron sustancialmente el trabajo. Esta investigación deriva de la tesis de licenciatura de la primera autora y forma parte del proyecto ”Arvenses de la Cuenca de Cuitzeo, Michoacán”, financiado por la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Cuadro 7. Especies de plantas arvenses agrupadas por su preferencia de diferentes texturas de suelo.

Franco arcillosa (17 spp.)	**Arcillosa** (17 spp.)
Acacia farnesiana var. *farnesiana*	*Acalypha subviscida*
Acalypha infesta	*Commelina diffusa*
Acalypha mexicana	*Euphorbia anychioides*
Acalypha aff. *subviscida*	*Eclipta prostrata*
Cyclospermum leptophyllum	*Euphorbia hirta*
Anagallis arvensis	*Hydrocotyle ranunculoides*
Bidens bigelovii	*Kallstroemia rosei*
Cenchrus echinatus	*Malvella leprosa*
Chloris radiata	*Melampodium glabrum*
Fleischmannia pycnocephala	*Paspalum distachyon*
Euphorbia hyssopifolia	*Petunia parviflora*
Lepidium virginicum	*Plantago major*
Oxalis tetraphylla	*Polygonum mexicanum*
Schkuhria schkuhrioides	*Rumex pulcher* spp. *pulcher*
Sida rhombifolia	*Sida linearis*
Acmella alba	*Stachys agraria*
Tripogandra purpurascens	*Tridax coronopifolia*
Franco (12 spp.)	**Franco arenosa** (3 spp.)
Chloris virgata	*Eragrostis mexicana*
Digitaria ternata	*Flaveria trinervia*
Eleusine indica	*Physalis philadelphica*
Euphorbia heterophylla	
Heterosperma pinnatum	**Franco arcilloso-arenosa** (4 spp.)
Melampodium microcephalum	*Chloris submutica*
Melampodium perfoliatum	*Dalea* aff. *versicolor*
Melampodium sericeum	*Gronovia scandens*
Mentzelia aspera	*Leptochloa fascicularis*
Oxalis pes-caprae	
Panicum fasciculatum	
Setaria adhaerens	

Cuadro 8. Especies de plantas arvenses agrupadas por sus preferencias del pH del suelo.

pH 6.0-6.9 (4 spp.)	pH 7.0-7.9 (7 spp.)	pH 8.0-8.9 (18 spp.)	pH 9.0-9.1 (13 spp.)
Chloris submutica	*Bidens bigelovii*	*Acalypha subviscida*	*Anagallis arvensis*
Dalea aff. *versicolor*	*Euphorbia hyssopifolia*	*Ambrosia psilostachya*	*Chloris virgata*
Gronovia scandens	*Malvella leprosa*	*Chloris radiata*	*Dactyloctenium aegyptium*
Leptochloa fascicularis	*Melampodium glabrum*	*Crotalaria pumila*	*Digitaria ternata*
	Polygonum mexicanum	*Cyperus esculentus*	*Eleusine indica*
	Tridax coronopifolia	*Eclipta prostrata*	*Euphorbia heterophylla*
	Sida rhombifolia	*Fleischmannia pycnocephala*	*Heliopsis annua*
		Euphorbia nutans	*Kallstroemia rosei*
		Eragrostis mexicana	*Lepidium virginicum*
		Flaveria trinervia	*Melampodium sericeum*
		Melampodium perfoliatum	*Mentzelia aspera*
		Oxalis pes-caprae	*Oxalis tetraphylla*
		Petunia parviflora	*Panicum fasciculatum*
		Plantago major	
		Physalis philadelphica	
		Schkuhria schkuhrioides	
		Setaria adhaerens	
		Solanum rostratum	

LITERATURA CITADA

Alanís, G. J. 1974. Estudio florístico-ecológico de las malezas en la región citrícola de Nuevo León, México. Publicaciones Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. 1(5): 41-64.

Altieri, A. 1987. Agroecology: The scientific basis of alternative agriculture. Westview Prees. Boulder, USA. 227 pp.

Alvarado-Díaz, J., T. Zubieta-Rojas, R. Ortega-Murillo, A. Chacón y R. Espinoza. 1984. Hipertroficación en un lago tropical somero (Lago de Cuitzeo, Michoacán, México). Revista Biológicas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo 1: 1-22.

Beetle, A. A., R. Guzmán M., V. Jaramillo L., M. P. Guerrero S., E. Manrique F., A. Chimal H., C. Shariff B. e I. Núñez T. 1983. Las gramíneas de México. Tomo I. Comisión Técnico-Consultiva de Coeficientes de Agostaderos, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Editorial Calypso. México, D.F., México. 259 pp.

Beetle, A. A., E. Manrique F., V. Jaramillo L., P. Guerrero S., J. Miranda S., I. Nuñez T. y A. Chimal H. 1987. Las gramíneas de México. Tomo II. Comisión Técnico-Consultiva de Coeficientes de Agostaderos. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Editorial Calypso. México, D.F., México. 344 pp.

Beetle, A. A., E. Manriquez F., J. A. Miranda S., V. Jaramillo L., A. Chimal H. y A. M. Rodríguez R. 1991. Las gramíneas de México. Tomo III. Comisión Técnico-Consultiva de Coeficientes de Agostaderos. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Editorial Calypso. México, D.F., México. 332 pp.

Beetle, A. A., J. A. Miranda S., V. Jaramillo L., A. M. Rodríguez R., L. Aragón M., M. A. Vergara B., A. Chimal H. y O. Domínguez S. 1995. Las gramíneas de México. Tomo IV. Comisión Técnico-Consultiva de Coeficientes de Agostaderos. Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural. Editorial Calypso. México, D.F., México. 342 pp.

Bernal, M. M. y F. Guevara-Féfer. 2003. Estudio florístico de las arvenses en cultivos de maíz de temporal en los alrededores de Villa Morelos, Michoacán, México. Revista Biológicas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo 5: 83-93.

Chávez C., A. 1996a. El deterioro ambiental en la Cuenca del Lago de Cuitzeo. Monografía del Foro de Análisis de la Problemática Ambiental del Estado de Michoacán. Cuenca del Lago de Cuitzeo. LXVII Legislatura y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 116-117.

Chávez C., M. A. 1996b. Estudio florístico y ecológico de las plantas arvenses en cultivos de maíz de temporal en el Valle de Morelia, Michoacán, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. 93 pp.

Chávez C., M. A. y F. Guevara-Féfer. 2003. Flora arvense asociada al cultivo de maíz de temporal en el Valle de Morelia, Michoacán, México. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes XIX. 1-22.

Corona, J. 1976. Cuitzeo (estudio antropogeográfico). La voluntad es el destino. Balsas Editores. Morelia, México. 94 pp.

Espinosa-García, F. J. 1981. Las malezas ¿una maldición? Naturaleza 5: 297-307.

Espinosa-García, F. J. y R. P. Díaz. 1996. El uso campesino de plantas arvenses como forraje en el Valle de México. Etnoecológica 3: 83-94.

Espinosa-García, F. J. y J. Sarukhán. 1997. Manual de malezas del Valle de México. Universidad Nacional Autónoma de México - Fondo de Cultura Económica. México, D.F., México. 407 pp.

García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4a. ed. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 246 pp.

Guevara-Féfer, F. 1995. Vegetación del Valle de Morelia, Michoacán. Revista Biológicas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo 3: 20-54.

Guevara-Féfer, F., R. Sánchez B. y A. Espinoza de los M. 1984. Informe Técnico. Proyecto: Estudio florístico ecológico de las comunidades de arvenses en cultivos de maíz en el Valle de Morelia. Convenio-Escuela de Biología Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. 100 pp.

Holm, L., J. V. Pancho, J. P. Herberger y D. L. Plucknett. 1979. A geographical atlas of world weeds. John Wiley & Sons. New York, USA. 391 pp.

Jakhar, G. S., S. A. Abro, A. Q. Maher y R. Qureshi. 2005. Weed communities of wheat crop under diverse edaphogropghy of district Khaipur, Pakistan. Pakistan J. Bot. 37: 709-714.

Kovach, W. L. 2005. A MultiVariate Statistical Package for Windows, (MVSP) version 3.1. Kovach Computing Services. Pentraeth, Wales, U.K.

Krebs, J. C. 1989. Ecological methodology. University of Columbia. Harper & Row Publishers. New York, USA. 654 pp.

Mahmood, K., K. A. Malik, M. A. K. Lodhi y K. H. Sheikh. 1994. Soil-plant relationships in saline wastelands: vegetation, soils, and successional changes, during biological amelioration. Environ. Conserv. 21: 236-241.

Marzocca, A. 1976. Manual de malezas. 3a. ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 564 pp.

McVaugh, R. 1983. Gramineae. Flora Novo-Galiciana 14: 1-436.

McVaugh, R. 1984. Compositae. Flora Novo-Galiciana 12: 1-1157.

Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons. New York, USA. 547 pp.

Rojas, J. y A. Novelo. 1995. Flora y vegetación acuática del Lago Cuitzeo, Michoacán, México. Acta Bot. Mex. 31: 1-17.

Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Acta Bot. Mex. 14: 3-21.

Rzedowski, J. y G. C. Rzedowski. 1979. Flora fanerogámica del Valle de México. Vol I. CECSA. México, D.F., México. 402 pp.

Rzedowski, J. y G. C. Rzedowski. 1985. Flora fanerogámica del Valle de México. Vol II. Dicotyledoneae. Escuela Nacional de Ciencias Bilógicas, Instituto Politécnico Nacional e Instituto de Ecología. México, D.F., México. 674 pp.

Rzedowski, J. y G. C. Rzedowski. 1990. Flora fanerogámica del Valle de México. Vol III. Monocotyledoneae. Centro Regional del Bajío, Instituto de Ecología, A.C., Pátzcuaro, Michoacán, México. 674 pp.

Sen, D. N. 1981. Ecological approach to Indian weeds. Geographic Market and Business Intelligence. Jodhpur, India. 301 pp.

Torres B., A. 1991. Interacciones y comportamiento de las plantas arvenses en mono y policultivos de maíz. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 63 pp.

Vieyra-Odilon, L. y H. Vibrans. 2001. Weeds as crops: The value of maize field weeds in the valley of Toluca, México. Econ. Bot. 55: 426-446.

Villaseñor R., J. L. y F. J. Espinosa-García. 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México-Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario - Fondo de Cultura Económica. México, D.F., México. 449 pp.

Villaseñor R., J. L. y F. J. Espinosa-García. 2004. The alien flowering plants of Mexico. Divers. Distrib. 10: 113-123.

Recibido en febrero de 2010.

Reactivado en marzo de 2012.

Aceptado en abril de 2013.

APÉNDICE

Lista de las especies arvenses en cultivos de maíz de temporal en suelos salinos de la ribera del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México. F/V: Forma de vida, A: Anual, P: Perenne, A/P: Anual-Perenne, A/B: Anual-Bianual; (+) Especies leñosas; (♦) Especies introducidas; (*) Nuevos registros.

Nombre científico	Nombre común	F/V
ACANTHACEAE		
Dicliptera penduncularis Nees	-	A
AIZOACEAE		
Trianthema portulacastrum L.	Verdolaga de burro	A
AMARANTHACEAE		
Amaranthus hybridus L.	Quelite	A
Gomphrena serrata L.	Amor seco	A-P
BORAGINACEAE		
Heliotropium curassavicum L.	Cola de mico	A-P
CHENOPODIACEAE		
♦*Chenopodium murale* L.	Leche de perico	A
COMMELINACEAE		
Commelina diffusa Burm. f.	Siempre viva	A-P
Tripogandra purpurascens (S. Schauer) Handlos	Pico de pollo	A
COMPOSITAE (ASTERACEAE)		
Acmella alba (L'Hér.) R.K. Jansen	Chile burro	A-P
Ambrosia psilostachya DC.	Amargosa, altamisa	P
Bidens aurea (Aiton) Sherff	Té de milpa	A-P
**Bidens bigelovii* A. Gray	-	A
Bidens odorata Cav.	Aceitilla	A
Dyssodia papposa (Vent.) Hitchc.	Flor de muerto	A
**Dyssodia tagetiflora* Lag.	-	A
Eclipta prostrata (L.) L.	Epazotillo	P
Flaveria trinervia (Spreng.) C. Mohr	Rompe calzón	A
**Fleischmannia pycnocephala* (Less.) R.M. King & H. Rob.	-	P
Florestina pedata (Cav.) Cass.	Jarilla	A
Galinsoga parviflora Cav.	Granjenillo, rosa amarilla	A
Galinsoga quadriradiata Ruiz & Pav.	Estrellita	A

Apéndice. Continuación.

Nombre científico	Nombre común	F/V
Heliopsis annua Hemsl.	-	A
Heterosperma pinnatum Cav.	Jarilla	A
**Melampodium glabrum* S. Watson	-	A
**Melampodium microcephalum* Less.	-	A
Melampodium perfoliatum (Cav.) Kunth	Andancillo	A
Melampodium sericeum Lag.	-	A
Parthenium bipinnatifidum (Ortega) Rollins	Confitillo	A
Sanvitalia procumbens Lam.	Ojo de pollo	A
Schkuhria schkuhrioides Thell.	Cincollagas	A
Simsia amplexicaulis (Cav.) Pers.	Andán colorado	A
♦*Sonchus oleraceus* L.	Lechuguilla	A
**Tagetes lunulata* Ortega	Cinco llagas	A
Tithonia tubiformis (Jacq.) Cass.	Andán	A
Tridax coronopifolia (Kunth) Hemsl.	Motitas	A-P
Xanthium strumarium L.	Chayotillo, abrojo	A
**Zinnia peruviana* (L.) L.	Mal de ojo	A
CONVOLVULACEAE		
Ipomoea dumetorum Willd. ex Roem. & Schult.	-	A
Ipomoea purpurea (L.) Roth	Quebraplato	A
CRUCIFERAE (BRASSICACEAE)		
Lepidium virginicum L.	Lentejilla	A-B
CUCURBITACEAE		
Sicyos deppei G. Don	Chayotillo	A
CYPERACEAE		
♦*Cyperus esculentus* L.	Zacate, tulillo	P
**Schoenoplectus americanus* (Pers.) Volkart ex Schinz & R. Keller	Tule	P
EUPHORBIACEAE		
♦*Acalypha infesta* Poepp.	-	A
Acalypha mexicana Mull. Arg.	Hierba del cáncer	A
Acalypha subviscida S. Watson	-	A
Acalypha aff. *subviscida* S. Watson	-	A
**Euphorbia anychioides* Boiss.	-	P
**Euphorbia glyptosperma* Engelm.	-	A

Apéndice. Continuación.

Nombre científico	Nombre común	F/V
Euphorbia graminea Jacq.	-	A
Euphorbia heterophylla L.	Lechosa	A
**Euphorbia hirta* L.	-	A
**Euphorbia hyssopifolia* L.	Hierba de la golondrina	A
**Euphorbia mendezii* Boiss.	Alfombrilla	A
Euphorbia nocens (L.C. Wheeler) V.W. Steinm.	Golondrina	A
**Euphorbia nutans* Lag.	-	A-P
♦*Ricinus communis* L.	Higuerilla	A-P
GRAMINEAE (POACEAE)		
Bromus carinatus Hook. & Arn.	Cebadillo, avena loca	P
Cenchrus echinatus L.	-	A
**Chloris radiata* (L.) Sw.	-	A
**Chloris submutica* Kunth	-	P
♦*Chloris virgata* Sw.	Grama	A
♦*Cynodon dactylon* (L.) Pers.	Pelo de conejo	P
♦*Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd.	-	A
♦*Digitaria ciliaris* (Retz.) Koeler	Pata de gallo	A
♦*Digitaria ternata* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf	Grama	A
♦*Echinochloa colonum* (L.) Link	Camalote	P
♦*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.	Camalote	A
♦*Eleusine indica* (L.) Gaertn.	Grama cabezona	A
Eragrostis pectinacea (Michx.) Nees	-	A
Eragrostis mexicana (Hornem.) Link	-	A
**Eriochloa acuminata* (J. Presl) Kunth	Grama	A
Leersia hexandra Sw.	Grama, zacate	P
Leptochloa fascicularis (Lam.) A. Gray	Grama, zacate	A
Oplismenus burmannii (Retz.) P. Beauv.	-	A
Panicum decolorans Kunth	Zacate granillo	A
**Panicum fasciculatum* Sw.	Grama, zacate	A
Panicum hirticaule J. Presl	Grama, zacate	A
Paspalum distichum L.	Grama, zacate	P
♦*Paspalum dystachion* Poit. ex Trin.	Liendrilla, sabana	P

Apéndice. Continuación.

Nombre científico	Nombre común	F/V
Paspalum lividum Trin. ex Schltdl.	Grama, zacate	P
♦**Setaria adhaerens* (Forssk.) Chiov.	Tripa de gallina	A
Setaria grisebachii E. Fourn.	Grama	A-B
Setaria parviflora (Poir.) Kerguélen	Zacate sedoso	P
Urochloa plantaginea (Link) R.D. Webster	Zacate panizo	A
Zea mays subsp. *mexicana* (Schrad.) Iltis	Condax	A
LABIATAE (LAMIACEAE)		
Salvia tiliifolia Vahl	Tronadora	A
Stachys agraria Schltdl. & Cham.	Toronjil	A-P
LEGUMINOSAE (FABACEAE)		
+*Acacia farnesiana* (L.) Willd. var. *farnesiana*	Huizache	P
Crotalaria pumila Ortega	Huajilla	A
Dalea aff. *versicolor* Zucc.	-	A
-*Dalea leporina* (Aiton) Bullock	-	A
♦*Medicago lupulina* L.	-	A
+*Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M. C. Johnst.	Mezquite	P
LOASACEAE		
**Gronovia scandens* L.	Pegarropa	P
Mentzelia aspera L.	-	A
MALVACEAE		
Anoda cristata (L.) Schltdl.	Estrella, malva	A
**Malvella leprosa* (Ortega) Krapov.	-	P
+*Sida linearis* Cav.	Malvavisco	P
Sida rhombifolia L.	-	P
NYCTAGINACEAE		
+*Mirabilis nyctaginea* (Michx.) MacMill.	Maravillita	A
ONAGRACEAE		
Lopezia racemosa Cav.	Alfilerillo, lentejilla	A-P
**Oenothera kunthiana* (Spach) Munz	-	P
Oenothera pubescens Willd. ex Spreng.	-	P
OXALIDACEAE		
Oxalis corniculata L.	Agritos	P
♦**Oxalis pes-caprae* L.	Xocoyole	P

Apéndice. Continuación.

Nombre científico	Nombre común	F/V
Oxalis tetraphylla Cav.	-	P
PAPAVERACEAE		
Argemone ochroleuca Sweet	Lechuga, chicalote	A-P
PASSIFLORACEAE		
**Passiflora exsudans* Zucc.	Pasionaria	P
PLANTAGINACEAE		
♦*Plantago major* L.	Juan primero	A-P
PLUMBAGINACEAE		
**Plumbago pulchella* Boiss.	Hierba del negro	P
POLYGONACEAE		
♦*Polygonum lapathifolium* L.	Chilillo	A-P
Polygonum mexicanum Small	-	A
Rumex flexicaulis Rech. f.	Lengua de vaca cimarrona	A-B
♦**Rumex pulcher* L. ssp. *pulcher*	-	P
PONTEDERIACEAE		
♦*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms	Lirio	P
PORTULACACEAE		
Portulaca oleracea L.	Verdolaga silvestre	A
PRIMULACEAE		
♦*Anagallis arvensis* L.	Hierba del pájaro	A
RUBIACEAE		
Spermacoce confusa Rendle	Chilquilite	P
SCROPHULARIACEAE		
**Bacopa monnieri* (L.) Wettst.	-	P
Castilleja arvensis Schltdl. & Cham.	Cresta de gallo	A
SOLANACEAE		
+*Lycium carolinianum* Walter	-	P
♦*Nicandra physalodes* (L.) Gaertn.	Tomate de burro	A
Petunia parviflora Juss.	-	A
Physalis philadelphica Lam.	Tomate	A
Physalis sulphurea (Fernald) Waterf.	Tomatillo	A
Solanum americanum Mill.	Hierba mora	A-P
Solanum rostratum Dunal	Mala mujer	A

Apéndice. Continuación.

Nombre científico	Nombre común	F/V
UMBELLIFERAE (APIACEAE)		
Cyclospermum leptophyllum (Pers.) Sprague	Cilantro cimarrón	A-P
Hydrocotyle ranunculoides L. f.	Ombligo de Venus	P
VERBENACEAE		
Bouchea prismatica (L.) Kuntze	-	A
Glandularia bipinnatifida (Nutt.) Nutt.	-	P
ZYGOPHYLLACEAE		
Kallstroemia rosei Rydb.	-	A



NORMAS EDITORIALES E INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

Acta Botanica Mexicana es una publicación del Instituto de Ecología, A.C. que aparece cuatro veces al año. Da a conocer trabajos originales e inéditos sobre temas botánicos y en particular los relacionados con plantas mexicanas. Todo artículo que se presente para su publicación deberá dirigirse al Comité Editorial de *Acta Botanica Mexicana*, en el entendido de que todos los autores están de acuerdo en su publicación; las contribuciones deberán ser originales e inéditas y no haber sido publicadas ni enviadas simultáneamente a otra revista para su publicación. Los artículos serán evaluados por pares, en principio los árbitros mantendrán su anonimato. Toda contribución deberá ajustarse a las siguientes normas e instrucciones.

NORMAS

Principalmente se publicarán artículos escritos en español, aceptándose cierta proporción de trabajos redactados en inglés, francés o portugués. Todo trabajo recibido por el Comité Editorial merecerá un inmediato acuse de recibo.

El Comité Editorial considerará, en primera instancia, la presentación y el estilo del artículo. Posteriormente será sometido a un sistema de arbitraje por pares. En el referéndum participarán dos científicos especialistas en el tema, cuyas opiniones serán consideradas para la aceptación del trabajo. En caso de divergencia entre los árbitros, el artículo y las opiniones serán presentadas a un tercer revisor. Cuando el trabajo haya sido aceptado, el manuscrito con los dictámenes de los revisores se enviará a los autores para realizar las modificaciones pertinentes. Si la versión corregida no fuera devuelta en los seis meses posteriores a la recepción de la revisión se considerará que el trabajo ha sido retirado para su publicación. La decisión final sobre la aceptación de un trabajo corresponderá al propio Comité Editorial, tomando en cuenta las opiniones de los revisores.

El orden de publicación atenderá a las fechas de recepción y aceptación del trabajo. La fecha de recepción corresponde a la versión que cumple con los requerimientos de presentación y estilo solicitados por la revista. Cuando el trabajo sea aceptado para su publicación, el autor principal será notificado por escrito del número de revista en el que aparecerá y los costos derivados del derecho de página y compra de sobretiros.

No se aceptarán trabajos que, pudiendo integrarse como unidad, sean presentados por separado en forma de pequeñas contribuciones o notas numeradas. Asimismo, no serán aceptadas contribuciones preliminares o inconclusas, que sean factibles de terminar a mediano o corto plazos. Todo trabajo rechazado para su publicación no será aceptado con posterioridad.

INSTRUCCIONES

Enviar el escrito, incluyendo las imágenes y cuadros, en versión electrónica (en formato Word o RTF). La versión impresa puede ser enviada, pero no es indispensable. Las imágenes (ilustraciones en dibujo de línea, fotografías, gráficas y mapas), además deberán enviarse como archivos separados del documento de texto; en su presentación considere el formato de la revista. Los originales eventualmente pueden ser requeridos en cualquier etapa del proceso editorial.

El texto deberá ir a doble espacio, con letra de 12 puntos, en tamaño carta (21.5 x 28 cm), con márgenes de 3 cm, numeradas consecutivamente desde los resúmenes hasta la literatura citada. La carátula incluirá el título en español y en inglés, el nombre completo del autor o autores, créditos institucionales, dirección postal y electrónica. Favor de especificar el autor de contacto. Las leyendas

de las ilustraciones se concentrarán todas en secuencia numérica en una (o varias) hojas por separado. La ubicación aproximada de cada figura deberá señalarse en el texto, anotando el número de figura en el margen izquierdo.

El texto debe incluir un resumen en el idioma en el que está escrito y/o en español, con una extensión proporcional a la del trabajo. Si el artículo está escrito en inglés, francés o portugués, se recomienda un amplio resumen en español.

Los dibujos de línea y las fotografías deberán tener resoluciones mínimas de 600 y 300 dpi respectivamente y guardarse con la extensión .tiff. Las gráficas y mapas generados en programas de análisis estadístico o sistemas de información geográfica, deberán entregarse en los formatos eps o pdf; si se incluyen gráficas en Excel, deberán también presentarse en el mismo formato de este programa. La publicación de imágenes en color implica un costo adicional; se recomienda agruparlas en láminas, evitando su presentación en forma aislada.

Para consignar las referencias bibliográficas en el texto se empleará el estilo Harvard. En el apartado de Literatura Citada las citas se presentarán en orden alfabético, según las primeras letras del apellido del primer autor. Todas las referencias en el texto deberán aparecer en esta sección y viceversa.

Cada componente de una cita, según se trate de un artículo, libro, tesis, etc., se separará con un punto. El orden de dichos componentes es en el caso de artículos: autor(es), año de publicación, título del artículo, nombre abreviado de la revista, volumen y páginas (separando volumen de página con dos puntos); en el de libros: autor(es), año, título, nombre del editor (si existe), número de la edición (si no es la primera), nombre y ubicación de la editorial (Ed.) o de la Institución donde se imprimió la obra y paginación total o específica si sólo se consultó parte de la obra. Para las referencias electrónicas se sigue el patrón básico de un libro, incluyendo la dirección en internet y la fecha de consulta.

Todo trabajo de tipo taxonómico deberá ajustarse a la última edición del Código Internacional de Nomenclatura Botánica.

La contribución deberá estar redactada y escrita correctamente y sin errores. Se sugiere que el borrador del artículo se someta a la lectura de por lo menos dos personas con experiencia en la redacción de trabajos similares. Para cualquier duda referente a la presentación de los escritos consulte la página de la revista: http://www1.inecol.edu.mx/abm

COSTOS DE PUBLICACIÓN Y SOBRETIROS

El Instituto de Ecología no pretende lucrar con la publicación de *Acta Botanica Mexicana*; a través de la solicitud de una contribución institucional para el financiamiento de cada publicación, sólo trata de recuperar una parte de los gastos derivados de dicha actividad.

La cuota por concepto de derecho de página es de $20.00 para México y $ 16.00 u.s.d. para el extranjero, quedando sujeta a cambios posteriores acordes con el aumento de los costos de impresión y relativos. El monto de la contribución se indicará junto con la aceptación definitiva del trabajo, de manera que el autor disponga de tiempo para tramitar esta ayuda.

Se obsequiarán a los autores 25 sobretiros por artículo. Si se desean sobretiros adicionales éstos se cobrarán al costo de impresión de los mismos. Al devolver a los editores las pruebas de plana corregidas, cada autor deberá incluir el importe determinado para la publicación de su trabajo y de los sobretiros extras solicitados.

Enviar correspondencia a: *Acta Botanica Mexicana*. Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío, Apartado postal 386, Ave. Lázaro Cárdenas 253, C.P. 61600 Pátzcuaro, Michoacán.
correo electrónico: rosamaria.murillo@inecol.edu.mx

Acta Botanica Mexicana Núm. 105
consta de 500 ejemplares y fue impresa en la
Imprenta Tavera Hermanos, S.A. de C.V.
Av. Lázaro Cárdenas Núm. 3052
Morelia, Mich.
el mes de octubre de 2013



Toda correspondencia referente a suscripción, adquisición de números o canje, debe dirigirse a:

Acta Botanica Mexicana

Instituto de Ecología, A. C.
Centro Regional del Bajío
Apartado postal 386
61600 Pátzcuaro, Michoacán, México
rosamaria.murillo@inecol.edu.mx
Suscripción anual: México $300.00 Extranjero $30.00 U.S.D.

Acta Botanica Mexicana es una publicación trimestral, octubre 2013. Editor responsable: Jerzy Rzedowski Rotter. Composición tipográfica: Damián Piña Bedolla. Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04-2004-0719192751000-102. Número de Certificado de Licitud de título: 13454. Número de Certificado de Licitud de Contenido: 11027. Domicilio de la publicación: Ave. Lázaro Cárdenas 253, 61600 Pátzcuaro, Michoacán, México. Tel. (434) 3 42 26 98. Imprenta: Imprenta Tavera Hermanos, S.A. de C.V. Ave. Lázaro Cárdenas 3052, Col. Chapultepec Sur, 58260 Morelia, Michoacán, México. Distribuidor: Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío, Ave. Lázaro Cárdenas 253, apdo. postal 386, 61600 Pátzcuaro, Michoacán, México. http://www1.inecol.edu.mx/abm

Acta Botanica Mexicana, **Núm. 105 (2013)**

CONTENIDO

1 Una nueva especie de *Agave* subgénero *Littaea* (Agavaceae) del estado de Querétaro, México
A new species of *Agave* subgenus *Littaea* (Agavaceae) of the state of Querétaro, Mexico
R. Galván y S. Zamudio

11 Estudio de la epidermis foliar en algunas especies de *Bursera* Jacq. ex L. (Burseraceae) y sus implicaciones taxonómicas
Studies of leaf surface of some *Bursera* Jacq. ex L. (Burseraceae) species and its taxonomic implications
M. E. Castro y P. Torrecilla

31 Comparación anatómica e histoquímica de la madera del guayacán medicinal proveniente de muestras de mercados con la de *Guaiacum coulteri* A. Gray
Comparative anatomy and histochemistry between the wood of medicinal market samples of guayacan and that of *Guaiacum coulteri* A. Gray
L. Y. Centeno-Betanzos, A. E. Brechú-Franco, H. R. Osuna-Fernández, G. Laguna-Hernández y C. León-Gómez

45 Nuevos registros de Basidiomycota para Jalisco, México
New reports of Basidiomycota from Jalisco, Mexico
O. Rodríguez, M. J. Herrera-Fonseca y A. Galván-Corona

59 Los fenoles del polen del género *Zea*
Pollen phenols of the genus *Zea*
N. Almaraz-Abarca, D. M. Rivera-Rodríguez, D. Arráez-Román, A. Segura-Carretero, J. J. Sánchez-González, A. Delgado-Alvarado, J. A. Ávila-Reyes

87 Hongos ascomicetos del bosque mesófilo de montaña en México
Ascomycete fungi of the cloud forest in Mexico
R. Medel

107 Plantas arvenses asociadas a cultivos de maíz de temporal en suelos salinos de la ribera del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México
Weed plants associated with rain-fed maize crops in saline soils of the Lake Cuitzeo shore, Michoacán, Mexico
J. Sánchez-Blanco y F. Guevara-Féfer